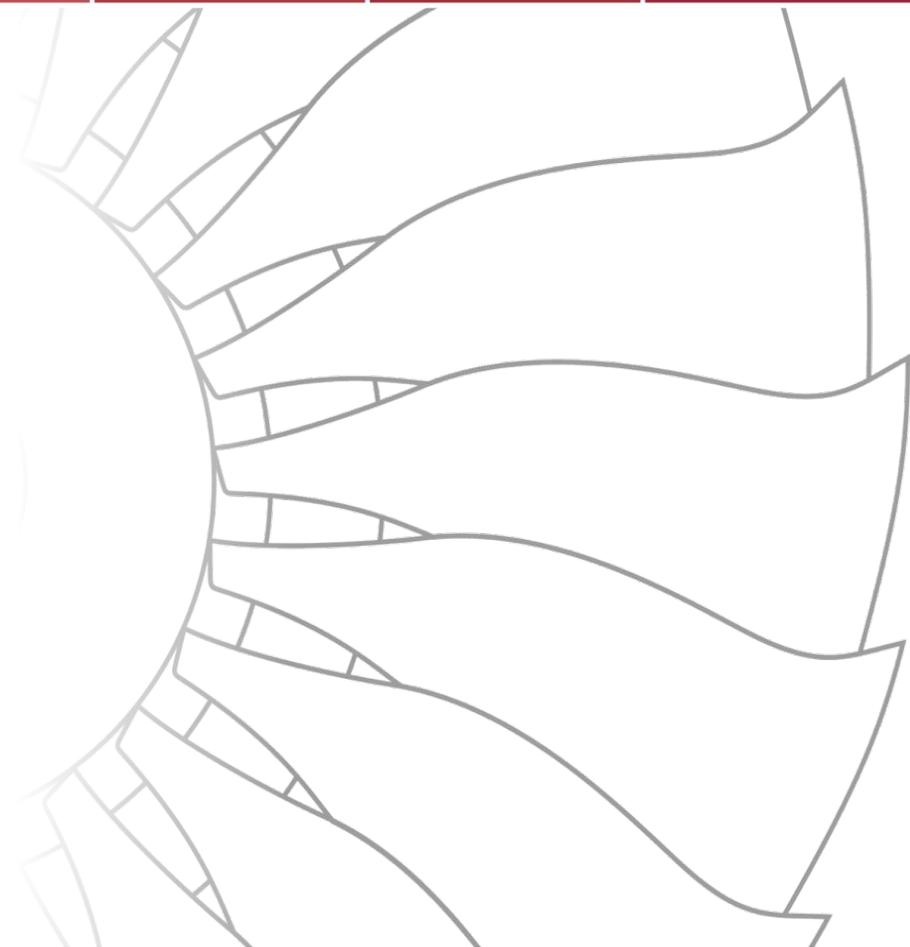


Кафедра «Газотурбинные технологии» 2017-2018 учебный год



Тема: Производство конструкционных материалов

Объём: лекция – 2 часа; СРС – 2 часа.

Литература:

С. Г. Ярушин. Технологические процессы в машиностроении. Москва, Юрайт, 2015

Гаркушин И.К. Конструкционные материалы: состав, свойства, применение: учеб. пособие Самар. гос. техн. ун-т, 2015. – 239 с.

Рогов В.А., Соловьев В.В., Копылов В.В. Новые материалы в машиностроении: Учеб. пособие. – М.: РУДН, 2008. – 324 с.

Б. С. Балакшин. Основы технологии машиностроения, учеб. для машиностроит. Вузов

Ткачев, А.Г. Проектирование технологического процесса изготовления деталей машин. Изд-во Тамб. гос. тех. ун-та, 2007. – 48 с.

Определение

Классификация конструкционных материалов

Классификация черных металлов

Характеристики конструкционных материалов

Производство чугуна

Производство стали

Производство алюминия и его сплавов

Производство титана и его сплавов

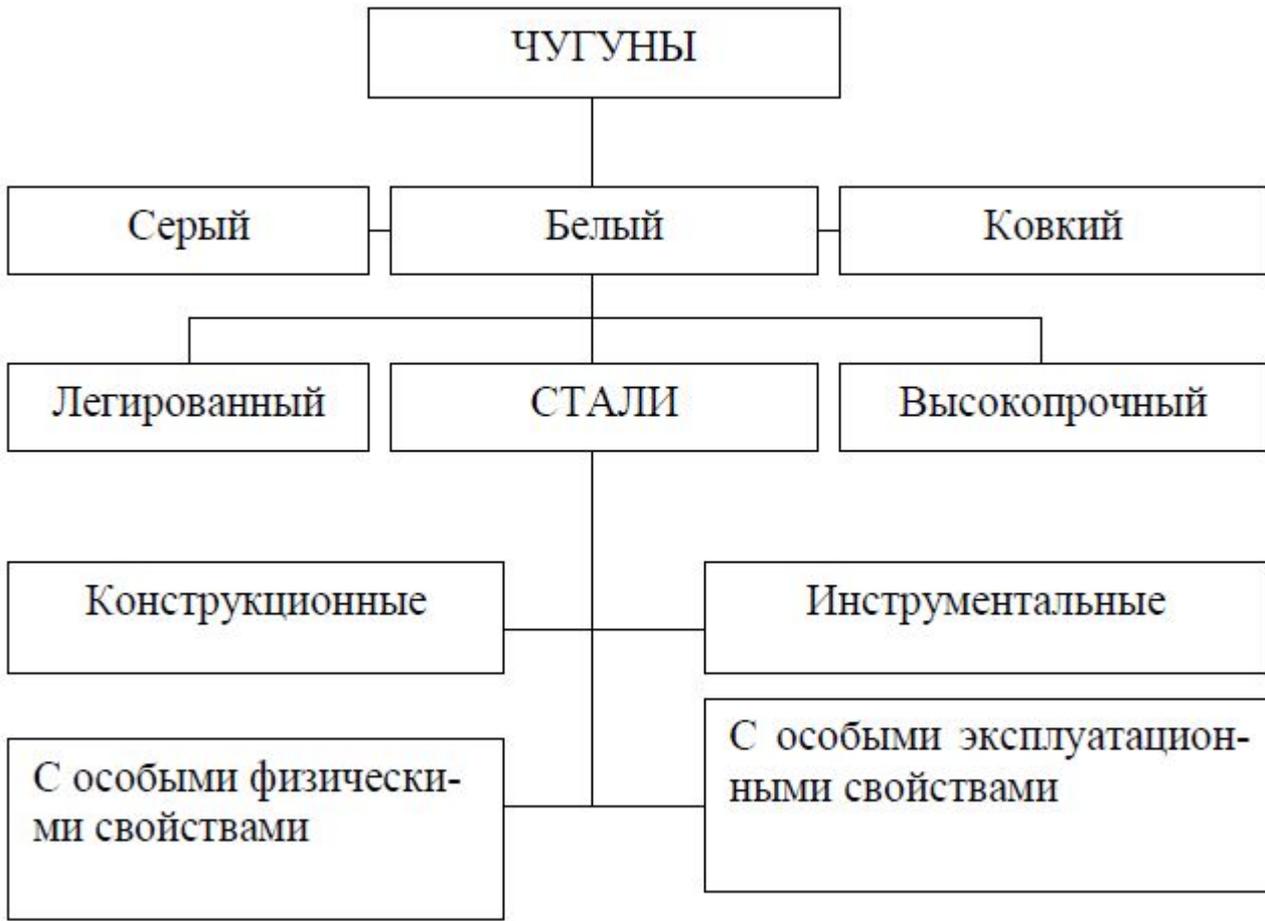
Производство магния и его сплавов

Производство меди и её сплавов

Конструкционные материалы – материалы, удовлетворяющие по совокупности техническим, эксплуатационным, технологическим, экономическим, экологическим и иным требованиям и таким образом обеспечивающие выполнение служебного назначения продукта.



Классификация черных металлов



Характеристики конструкционных материалов

Металлы – как химические элементы, так и их соединения (сплавы), которые характеризуются специфическими свойствами: металлическим блеском, высокими электропроводностью и теплопроводностью, непрозрачностью, способностью подвергаться обработке в холодном и горячем состояниях (резанию, ковке, прокатке, волочению и т.п.).

В основе структуры металлов лежит кристаллическая решетка из положительных ионов, погруженная в плотный «газ» из подвижных электронов.

Металлы активно образуют химические соединения с неметаллами (оксиды, сульфиды, бориды, нитриды и т.д.), а так же с другими металлами (интерметаллиды).

Сплавы — это твердые вещества, образованные сплавлением двух или более компонентов.

Сплав образуется в результате как чисто физических процессов (растворения, перемешивания), так и химического взаимодействия между элементами.

Характеристики конструкционных материалов

Не металлические материалы – неорганические и органические полимерные материалы, пластмассы, композиционные материалы (на неметаллической основе), графит, стекло, керамика, клеи, герметики, лакокрасочные покрытия.

Пластмассы – материалы, основу которых составляют при родные или синтетические высокомолекулярные соединения, содержащие или не содержащие дисперсные или коротковолокнистые наполнители, пигменты и иные сыпучие компоненты.

Композиционные материалы (КМ) – гетерофазные (состоящие из различных по физическим и химическим свойствам фаз) системы, полученные из двух и более компонентов с сохранением индивидуальности каждого из них.

Порошковые материалы – материалы, изготавливаемые путем прессования порошков в изделия необходимой формы и размеров и последующего их спекания.

Методами порошковой металлургии получают металлические, металлокерамические и минералокерамические материалы.

Керамика – материал, полученный путем спекания порошков исходных веществ или материалов на их основе при температурах существенно ниже температуры их плавления (размягчения, разложения или сублимации).

Характеристики конструкционных материалов

Наноструктурные материалы – частицы упорядоченного строения размером от 1 до 5 нм, содержащие до 1000 атомов.

Полимерные материалы – высокомолекулярные химические соединения, состоящие из многочисленных маломолекулярных звеньев (*мономеров*) одинакового строения, представляют собой длинные цепи из мономеров. Отдельные атомы в мономере соединены между собой довольно прочными ковалентными химическими связями.

Синтетические сверхтвердые материалы – композиты на основе плотных модификаций нитрида бора.

Наиболее широко в отечественной металлообработке нашли применение Композит 01 (эльбор-Р), композит 03 (исмит), композит 05, композит 09 (ПТНБ), однослойный и двухслойный композит 10 (гексанит-Р).

Сверхтвердые материалы отличает высокая твердость, тепловая устойчивость и химическая инертность к черным металлам.

Производство чугуна

Чугун – железоуглеродистый сплав, содержащий более 2% углерода.

Кроме углерода, в нем всегда присутствуют **кремний** (до 4%), **марганец** (до 2%), а также **фосфор** и **сера**.

Чугун является основным исходным материалом для получения стали, на что расходуется примерно 80...85% всего чугуна. Чугун — наиболее распространенный литейный сплав.

Чугун получают из железных руд.

Железные руды – основной исходный материал для выплавки чугуна.

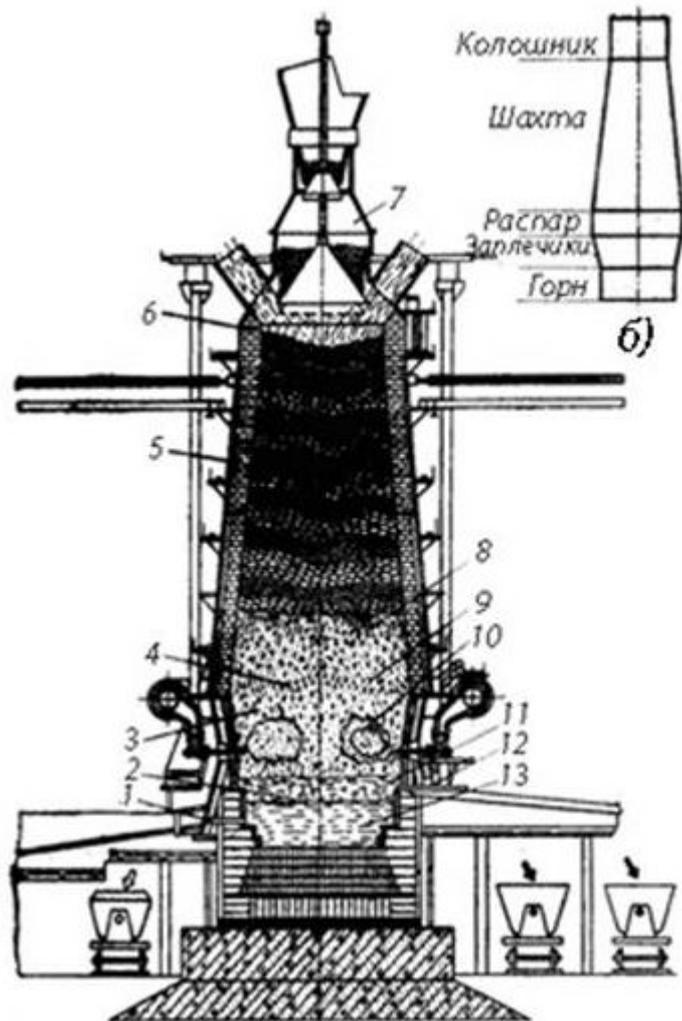
Рудный минерал представляет собой окислы железа, хорошо восстанавливающиеся в условиях доменной плавки.

Наиболее богатые руды содержат 60% железа и больше, наиболее бедные 30...40%.

Главным видом **топлива** в доменных печах является **КОКС**.

Кокс служит не только источником тепла, но реагентом, обеспечивающим восстановление железа из руды и образование чугуна (путем науглероживания-железа).

Схема доменной печи



Доменная печь работает по принципу противотока.

Шихтовые материалы – агломерат, кокс и др. загружают сверху при помощи засыпного (загрузочного) аппарата.

Навстречу опускающимся материалам снизу вверх движется поток горячих газов, образующихся при сгорании топлива (кокса), а также природного газа.

- 1 – чугунная летка;
- 2 – горн;
- 3 – заплечики;
- 4 – распар;
- 5 – шахта;
- 6 – колошник;
- 7 – засыпной аппарат;
- 8 – горизонт образования чугуна;
- 9 – горнище образования шлака;
- 10 – зона горения кокса;
- 11 – слой шлака;
- 12 – шлаковая летка;
- 13 – расплавленный чугун

Производство стали

Стали — железоуглеродистые сплавы, содержащие до 2% углерода.

Кроме углерода, сталь всегда содержит в небольших количествах постоянные примеси: марганец (до 0,8%), кремний (до 0,4%), фосфор (до 0,07%), серу (до 0,06%), что связано с особенностями технологии ее выплавки.

В технике широко применяют также легированные стали, в состав которых, для улучшения качества, дополнительно вводят хром, никель и другие элементы.

Основными **исходными материалами** для производства стали являются передельный **чугун и стальной скрап** (лом).

Выплавка стали – передел чугуна (или же чугуна и скрапа) в сталь – сводится к проведению окислительной плавки для удаления избытка углерода, марганца и других примесей.

При выплавке **легированных** сталей в их состав вводят соответствующие элементы.

Сталь выплавляют **кислородно-конверторным и мартеновским способами**.

Выплавка **качественных** сталей осуществляется в **электрических дуговых и индукционных печах**.

Сталь **особо высокого** качества выплавляют в **вакуумных электрических печах**, а также путем **электрошлакового, плазменного переплава** и других методов

Производство стали

Сущность процесса – снижение содержания углерода и примесей в жидком чугуна до значений, определяемых маркой выплавляемой стали, окисление их газообразным кислородом с последующим переводом в газы и шлак; связывание серы и фосфора в соединения, способные переходить в шлак; удаление оставшегося после плавки растворенного кислорода (раскисление стали).

Исходные материалы: жидкий передельный чугун доменной плавки, стальной лом, железная руда, боксит, плавиковый шпат, раскислители – ферромарганец, ферросилиций и алюминий, ферросплавы, легирующие присадки, кислород.

Конечные продукты: жидкая сталь, используемая для изготовления полуфабрикатов методами обработки пластическим деформированием и шлак, пригодный для использования в строительстве.

Примеры оборудования для производства стали

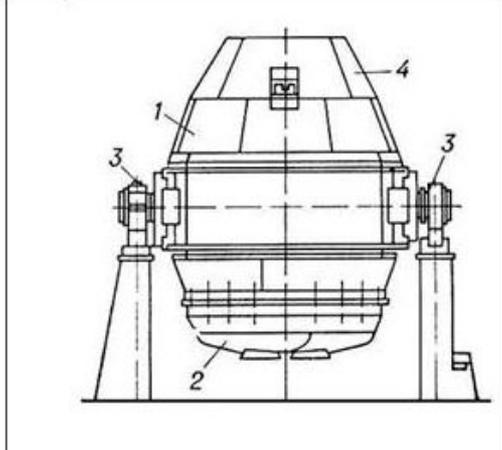
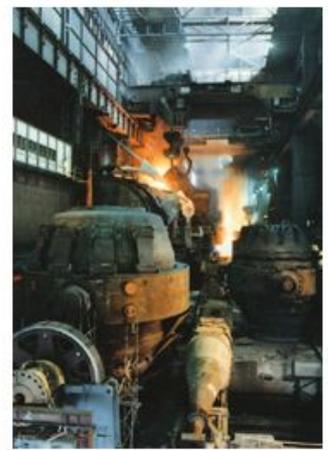
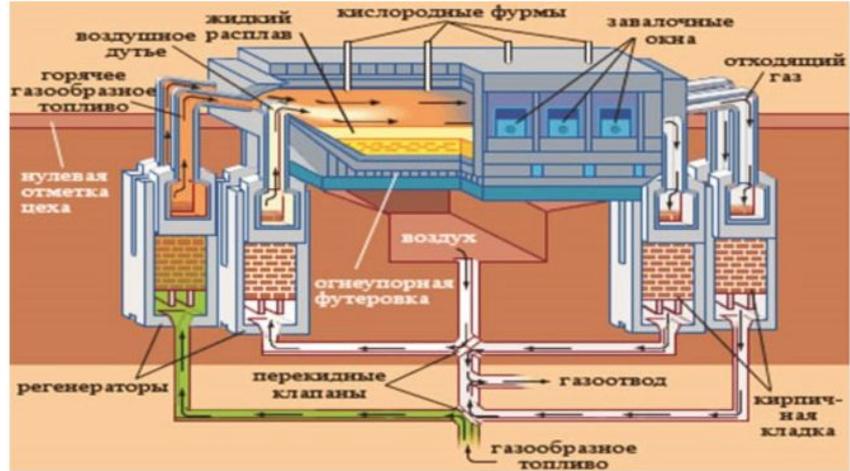


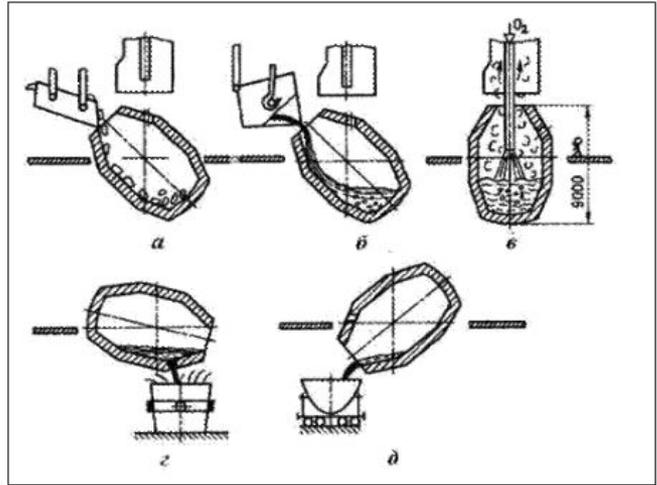
Рисунок 4.2 – Общий вид кислородного конвертера



Конвертерный цех

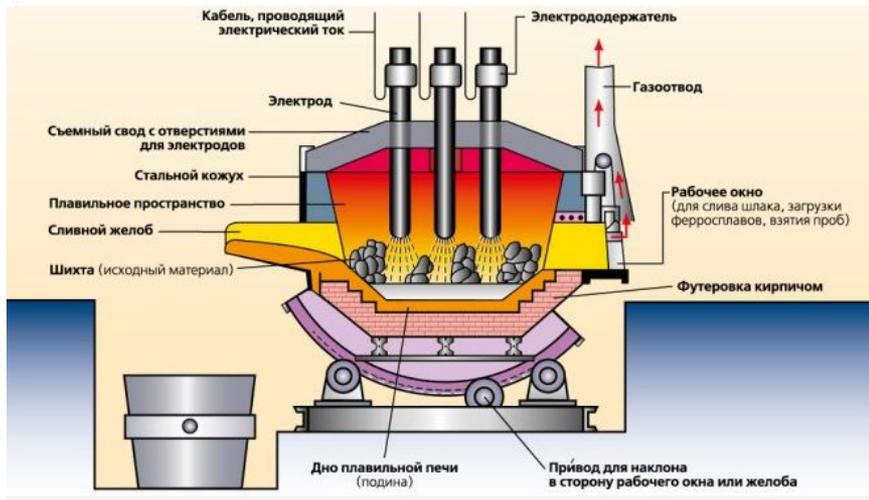


Производство стали в мартеновских печах



а – завалка твердых компонентов;
б – заливка передельного чугуна;
в – продувка расплава кислородом;
г – выпуск стали;
д – слив шлака

Рисунок 4.3 – Схема получения стали в кислородном конвертере:

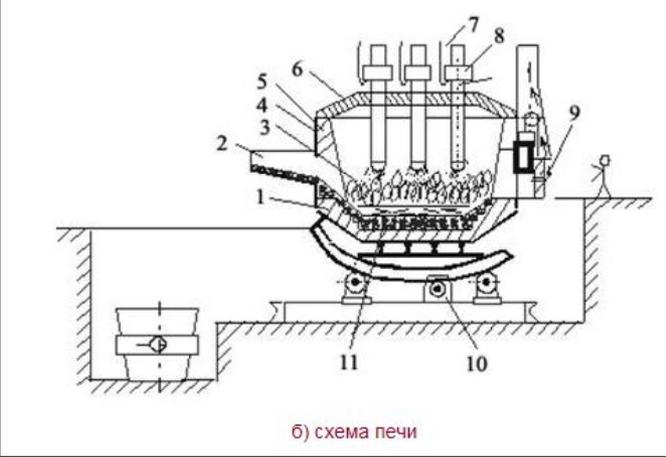


Процесс производства стали в электропечах

Примеры оборудования для производства стали

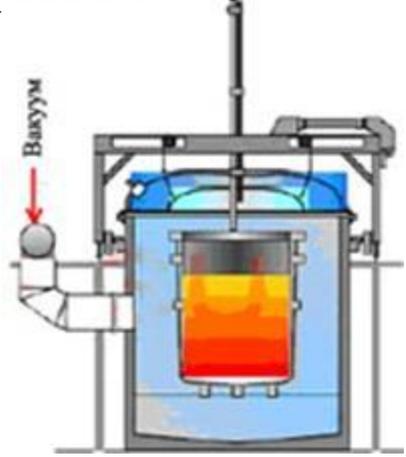


а) общий вид печи



б) схема печи

- 1 – кирпичная футеровка;
- 2 – выпускной желоб;
- 3 – металлическая шихта;
- 4 – облицовка огнеупорным кирпичом;
- 5 – стенки;
- 6 – свод;
- 7 – кабель силовой;
- 8 – электроды;
- 9 – смотровое окно;
- 10 – привод;
- 11 – подина



Вакуумирование стали в ковше

Рисунок 4.5 – Электродуговая сталеплавильная печь

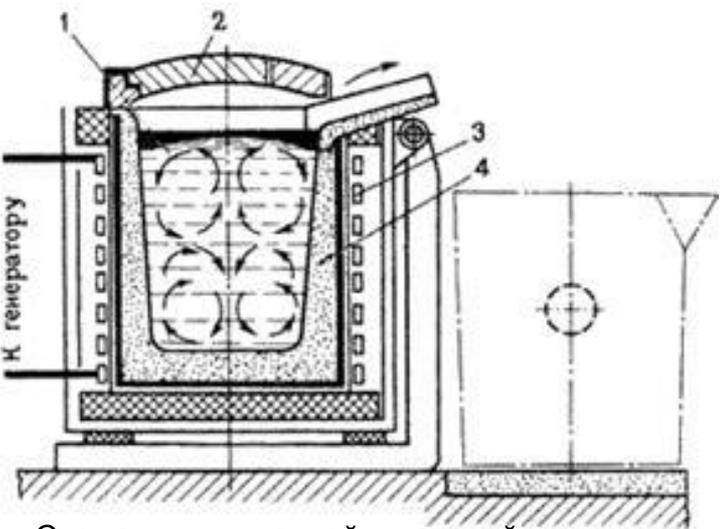


Схема индукционной тигельной печи

Производство алюминия и его сплавов

Алюминий – легкий металл серебристо-белого цвета с температурой плавления 660°C ; полиморфных превращений не имеет.

Технологический процесс получения алюминия состоит из трех основных стадий:

- получение глинозема (Al_2O_3) из алюминиевых руд;
- получение алюминия из глинозема;
- рафинирование алюминия.

Глинозем получают тремя способами:

- щелочным;
- кислотным;
- электролитическим.

Наибольшее распространение имеет щелочной способ.

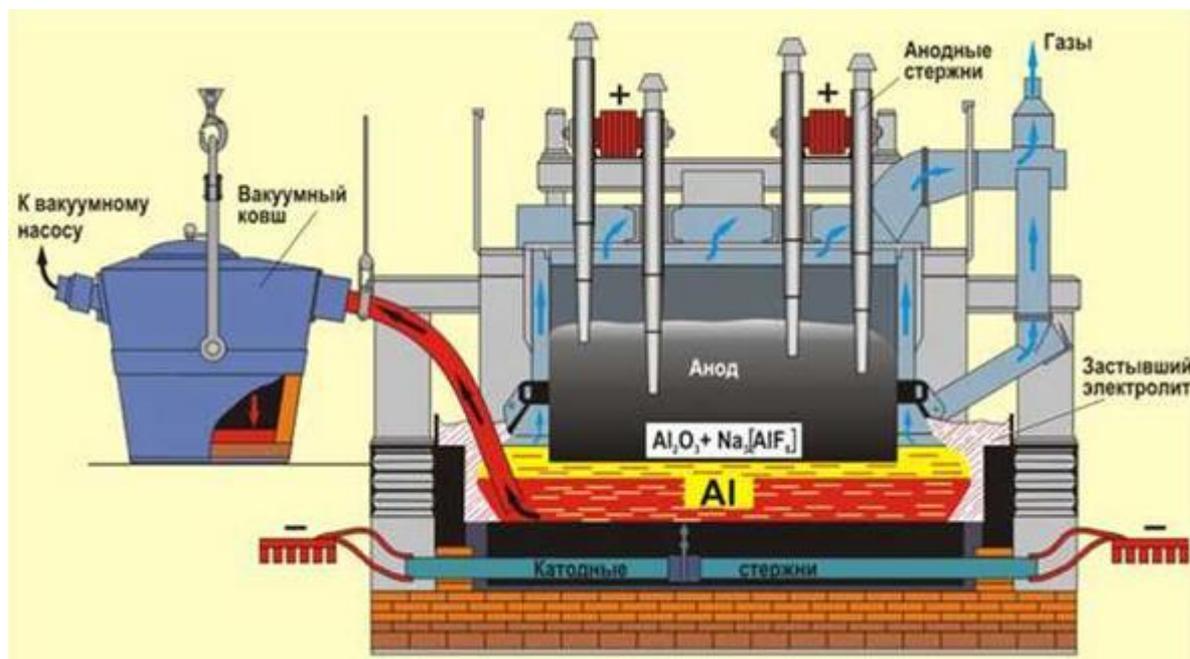
Сущность способа состоит в том, что алюминиевые растворы быстро разлагаются при введении в них гидроокиси алюминия, а оставшийся от разложения раствор после его выпаривания в условиях интенсивного перемешивания при $169...170^{\circ}\text{C}$ может вновь растворять глинозем, содержащийся в бокситах.

Производство алюминия и его сплавов

Электролитический способ получения алюминия.

Электролиз глинозема для получения металлического алюминия производят в электролизерах – ваннах с различным устройством анодной части.

Пример оборудования для производства алюминия и его сплавов



Электролизер для получения алюминия

Производство титана и его сплавов

Титан – легкий металл серебристо-белого цвета с температурой плавления 1671 °С. Механические свойства титана ($\sigma_{\text{в}} = 300$ МПа, твердость 100 НВ) сильно зависят от его чистоты и состояния. Чистый титан сохраняет высокую пластичность, но при попадании всего 0,03 % водорода, 0,2 % азота или 0,7 % кислорода титан теряет способность к пластической деформации.

Титановые сплавы: компоненты сплава образуют с титаном твердые растворы замещения.

Титан и его сплавы **применяют** как конструкционный материал в самолетостроении, а также при постройке сосудов, предназначенных для транспортирования концентрированной азотной и разбавленной серной кислот.

Технологический процесс производства титана из ильменитового концентрата состоит из следующих основных стадий:

- получение титанового шлака восстановительной плавкой;
- получение тетрахлорида титана хлорированием титановых шлаков;
- производство титана (губки, порошка) восстановлением из тетрахлорида.

Кроме этого проводят рафинирование полученного титана и иногда переплав для получения титана в виде слитков.

Производство титана и его сплавов

Сырьем для производства титана и диоксида Ti служит ильменитовый концентрат, выделяемый при обогащении титаномагнетитовых железных руд.

Восстановительная плавка ильменитового концентрата проводят в электродуговых печах. В результате образуется чугуны, а оксид титана переходит в шлак, который содержит 82...90% TiO_2 (титановый шлак).

Получение тетрахлорида титана $TiCl_4$ осуществляют воздействием газообразного хлора на TiO_2 при температурах 700...900°C.

Хлорирование осуществляют в шахтных хлораторах непрерывного действия или в солевых хлораторах.

Производство титана. Металлотермическое восстановление титана из тетрахлорида $TiCl_4$ проводят магнием или натрием.

В результате получается смесь Ti и $NaCl$ или Ti и $MgCl_2$ – титановая губка. Титановую губку (порошок) загружают в специальную реторту, помещаемую в термостат, где температура должна быть на уровне 100...200 °C, и внутри нее специальным приспособлением разбивают ампулу с йодом. Через несколько натянутых в реторте титановых проволок пропускают ток, в результате чего они накаляются до 1300...1400 °C. Пары йода реагируют с титаном губки по реакции

Производство титана и его сплавов

Сырьем для производства титана и диоксида Ti служит ильменитовый концентрат, выделяемый при обогащении титаномагнетитовых железных руд.

Восстановительная плавка ильменитового концентрата проводят в электродуговых печах. В результате образуется чугуны, а оксид титана переходит в шлак, который содержит 82...90% TiO_2 (титановый шлак).

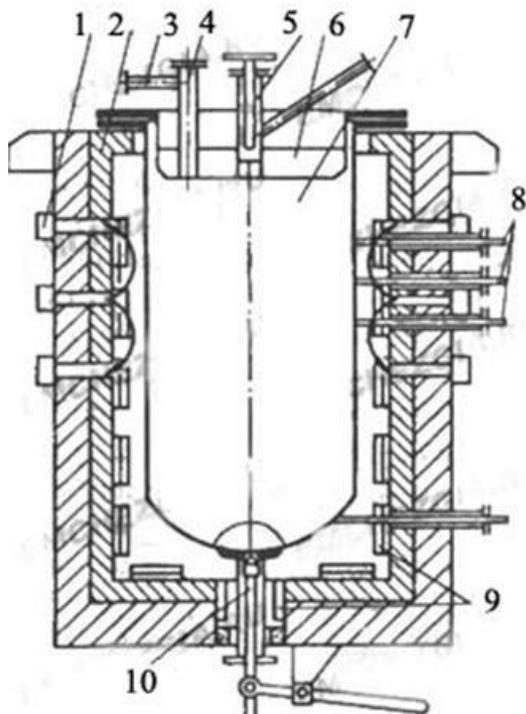
Получение тетрахлорида титана $TiCl_4$ осуществляют воздействием газообразного хлора на TiO_2 при температурах 700...900°C.

Хлорирование осуществляют в шахтных хлораторах непрерывного действия или в солевых хлораторах.

Производство титана. Металлотермическое восстановление титана из тетрахлорида $TiCl_4$ проводят магнием или натрием.

В результате получается смесь Ti и $NaCl$ или Ti и $MgCl_2$ – титановая губка. Титановую губку (порошок) загружают в специальную реторту, помещаемую в термостат, где температура должна быть на уровне 100...200 °C, и внутри нее специальным приспособлением разбивают ампулу с йодом. Через несколько натянутых в реторте титановых проволок пропускают ток, в результате чего они накаляются до 1300...1400 °C. Пары йода реагируют с титаном губки на раскаленной титановой проволоке, образуя кристаллы чистого Ti и освобождая йод.

Пример оборудования для производства титана и его сплавов



- 1 – коллектор для подачи и отвода воздуха;
- 2 – печь;
- 3 – штуцер для вакуумирования;
- 4 – патрубок для заливки магния;
- 5 – узел подачи тетрахлорида;
- 6 – крышка;
- 7 – реторта;
- 8 – термопары;
- 9 – нагреватель;
- 10 – устройство для слива

Аппарат для восстановления тетрахлорида магнием

Производство титановых слитков. Для получения ковкого Тi в виде слитков губку переплавляют в вакуумной дуговой печи. Расходуемый (плавящийся) электрод получают прессованием губки и титановых отходов. Жидкий титан затвердевает в печи в водоохлаждаемом кристаллизаторе.

Производство магния и его сплавов

Магний – легкий, блестящий серебристо-белый металл с температурой плавления 650°C , тускнеющий на воздухе вследствие образования на поверхности окисной пленки.

Магниевые сплавы. Вследствие высокой химической активности выбор металлов, пригодных для легирования магния, невелик. Сначала применялись сплавы систем Mg–Al–Zn и Mg–Mn.

Сплавы делят на **литейные** (МЛ) для производства фасонных отливок и **деформируемые** (МА) для производства полуфабрикатов прессованием, прокаткой, ковкой и штамповкой.

Производство магния и его сплавов

Магний получают электролизом из его расплавленных солей. Основным сырьем для получения магния являются карналлит ($\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), магнезит (MgCO_3), доломит ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), бишофит ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Наибольшее распространение получил карналлит, который предварительно обогащают и обезвоживают. Безводный карналлит ($\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl}$) используют для приготовления электролита.

Основной составляющей электролита является хлористый магний. Для снижения температуры плавления электролита и повышения его электропроводности в состав электролита вводят NaCl , CaCl_2 , KCl .

Электролиз осуществляют в электролизере, футерованном шамотным кирпичом.

Анодами служат графитовые пластины, а катодами – стальные пластины.

Магний имеет меньшую плотность, чем электролит, поэтому он всплывает на поверхность, откуда его периодически удаляют с помощью вакуумного ковша.

Черновой магний содержит около 5% примесей, его рафинируют переплавкой с флюсами. Неметаллические примеси переходят в шлак. После этого печь охлаждают до температуры 670°C и магний разливают в изложницы.

Пример оборудования для производства магния и его сплавов



Электролизер

Производство меди и её сплавов

Медь – металл красного цвета, температура плавления – 1083°C.

Характерное свойство меди – высокая тепло- и электропроводность, поэтому она находит широкое применение в тепло- и электротехнике. Механические свойства чистой меди низкие; в качестве конструкционного материала применяется редко.

Повышение механических свойств достигается созданием сплавов на основе меди.

Латуни – сплавы меди с цинком и другими элементами. Латуни имеют хорошую коррозионную стойкость.

Бронзы – сплавы меди с другими элементами, в которых цинк не является основным. По способу изготовления различают *деформируемые* и *литейные* бронзы.

Производство меди и его сплавов

Медь в природе находится в виде сернистых соединений CuS , Cu_2S , оксидов CuO , Cu_2O , гидрокарбонатов $\text{Cu}(\text{OH})_2$, углекислых соединений CuCO_3 в составе сульфидных руд и самородной металлической меди.

Наиболее распространенные руды – медный колчедан и медный блеск, содержащие 1...2 % меди.

первичную медь получают *пирометаллургическим* и *гидрометаллургическим* способами.

Гидрометаллургический способ – получение меди путём её выщелачивания слабым раствором серной кислоты и последующего выделения металлической меди из раствора.

Получение меди пирометаллургическим способом состоит из обогащения, обжига, плавки на штейн, продувки в конвертере, рафинирования.

Обогащение медных руд производится методом флотации и окислительного обжига. Оно позволяет получать медный концентрат, содержащий 10...35 % меди.

После обжига руда и медный концентрат подвергаются плавке на штейн, представляющий собой сплав, содержащий сульфиды меди и железа Cu_2S , FeS . Штейн содержит 20...50 % меди, 20...40 % железа, 22...25 % серы, около 8 % кислорода и примеси никеля, цинка, свинца, золота, серебра. Чаще всего плавка производится в пламенных отражательных печах. Температура в зоне плавки 1450°C.

Производство меди и его сплавов

Полученный медный штейн, с целью окисления сульфидов и железа, подвергают продувке сжатым воздухом в горизонтальных конвертерах с боковым дутьём.

Образующиеся окислы переводят в шлак, а серу – в SO_2 . Тепло в конвертере выделяется за счёт протекания химических реакций без подачи топлива. Температура в конвертере составляет 1200...1300°C.

В конвертере получают **черновую медь**, содержащую 98,4...99,4 % меди, 0,01...0,04 % железа, 0,02...0,1 % серы и небольшое количество никеля, олова, сурьмы, серебра, золота. Эту медь сливают в ковш и разливают в стальные изложницы или на разливочной машине.

Черновую медь рафинируют для удаления вредных примесей, проводят огневое, а затем электролитическое рафинирование.

Электролитическое рафинирование проводят для получения чистой от примесей меди (99,95% Cu). Электролиз проводят в ваннах, где анод изготавливают из меди огневого рафинирования, а катод – из тонких листов чистой меди.

При пропускании постоянного тока анод растворяется, медь переходит в раствор, а на катодах разряжаются ионы меди, осаждаясь на них слоем чистой меди.

Катоды выгружают через 5...12 дней, когда их масса достигнет 60...90 кг. Их тщательно промывают, а затем переплавляют в электропечах.