

## Содержание

<b>Введение.....</b>	<b>3</b>
<b>Принципы работы.....</b>	<b>8</b>
<b>Автоклавное выщелачивание.....</b>	<b>9</b>
<b>Конструкция и классификация автоклавов.....</b>	<b>10</b>
<b>ПРИМЕНЕНИЕ АВТОКЛАВОВ.....</b>	<b>10</b>
<b>Автоклав непрерывного действия для проведения высокотемпературного вскрытия пирротиновых материалов .....</b>	<b>14</b>
<b>Пирротин .....</b>	<b>16</b>
<b>Формула изобретения.....</b>	<b>18</b>
<b>Описание.....</b>	<b>19</b>
<b>Автоклав непрерывного действия.....</b>	<b>27</b>
<b>Расчет автоклавов.....</b>	<b>32</b>
<b>Список используемой литературы.....</b>	<b>36</b>

					<b>КП-15.03.02.-23</b>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>			
<i>Изоб.</i>					<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>					—	2	27
<i>Н. Контр.</i>					ТМиО гр. ММ-19		
<i>Утв.</i>							

## ВВЕДЕНИЕ

**Автоклав** (греч. *Авто* — сам + лат. *Clavis* — запор, задвижка<sup>[1]</sup>) - герметичный аппарат для различных операций, требующих **нагрева** под **давлением** выше атмосферного<sup>[1]</sup>. В этих условиях достигается ускорение реакции и увеличение выхода продукта. Прообразом современного автоклава был созданный Д. Папеном в 1680 медицинский аппарат для стерилизации (она проводилась при высокой температуре, но без давления выше атмосферного), т. н. стерилизатор или сушильный шкаф. В 1795 французский кондитер Ф. Аппер изобрёл способ сохранять съестные припасы. Он упаковывал продукты в специальную ёмкость и подвергал их кипению в обычной воде; таким образом получился первый автоклав для домашнего (бытового) применения. В 1879 француз Ш. Шамберлен создал уже настоящий автоклав, в котором создавалось нужное давление при повышении температурного режима. Изобретение получило распространение исключительно среди учёных-химиков и медиков, перед которыми остро стоял вопрос о стерилизации инструментов.

Прототипом современного автоклава, применяемого в химической технологии, является аппарат, созданный В. Н. Ипатьевым в 1904. В строительстве способ изготовления силикатного (известково-песчаного) кирпича в автоклаве изобретён в Германии в 1880 учёным В. Михаэлисом. В России автоклавные устройства для производства известково-песочных блоков, фибролита, облицовочных плит появились в 1930-х гг. До 1950-х гг. единственным видом силикатных автоклавных изделий были силикатный кирпич и небольшие камни из ячеистого силикатного бетона. Однако благодаря работам российских учёных впервые в мире было создано производство крупноразмерных силикатобетонных автоклавных изделий для сборного строительства. Возможность образования в автоклаве камневидного изделия была установлена в конце 19 в., но массовое производство силикатных изделий, деталей и конструкций, особенно типа бетонов, было впервые организовано в нашей стране. Технология их изготовления механизирована и в значительной мере автоматизирована, что обеспечивает получение более дешёвой продукции по сравнению с цементными материалами и изделиями. Эффективные исследования в этом направлении выполнили П. И. Боженков, А. В. Волженский, П. П. Будников, Ю. М. Бутт и др. Было показано, что при автоклавной обработке образуются наиболее устойчивые низкоосновные гидросиликаты.

В 1953 компания «Lagarde» разработала автоклав для применения в текстильной промышленности (с его помощью красили ткани). В 1988 появился автоклав для домашнего консервирования, который работал при помощи подключения в домашнюю электрическую сеть.

					КП-15.03.02.-23	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		3

Изобретение относится к оборудованию для гидрометаллургии, в частности к конструкциям автоклавов непрерывного действия для выщелачивания руд и концентратов при высоких температурах и давлениях.

Известна конструкция автоклава для проведения окислительного выщелачивания, включающая горизонтальный цилиндрический корпус с разделительными перегородками, снабженный штуцерами для ввода пульпы исходного концентрата, кислорода, других технологических компонентов и вывода готового продукта, отработанных газов и пульпы, двухъярусные аэрирующие перемешивающие устройства, теплообменники, расположенные горизонтально внутри корпуса по всей его длине (В. Ф. Борбат, А. Б. Воронов, Автоклавная технология переработки никель-пирротиновых концентратов, М.: Metallurgia, 1980 г., с. 67-69).

Недостатком известного автоклава является то, что внутри его корпуса расположены теплообменники, аэрирующие и перемешивающие устройства, а это приводит к довольно быстрому выходу их из строя под механическим и химическим воздействием продуктов процесса выщелачивания. В результате при демонтаже вышедших из строя узлов появляется необходимость полного опорожнения корпуса автоклава. Кроме этого, не регулируется расход газообразного окислителя, так как перемешивающие устройства имеют фиксированные аэрационные характеристики, что приводит к его перерасходу. Подвод окислителя непосредственно в зону работы перемешивающих устройств дополнительно влияет на интенсивность коррозии его лопаток. Это снижает производительность автоклавного оборудования и увеличивает уровень эксплуатационных затрат.

Наиболее близким к предлагаемому автоклаву по совокупности признаков и достигаемому результату является автоклав непрерывного действия для проведения высокотемпературного вскрытия пирротиновых материалов, содержащий горизонтальный цилиндрический корпус, снабженный штуцерами для ввода пульпы исходного концентрата, выхода готового продукта и отработанной пульпы, разделенный перегородками на секции, в которых установлены перемешивающие устройства механического типа, встроенные теплообменники и устройства для подачи в пульпу газообразного окислителя (патент РФ N 2120332, МПК В 01 J 3/04, 20.10.98 г.) К недостаткам такой конструкции автоклава можно отнести значительные затраты, возникающие в процессе эксплуатации, так как расположение теплообменников, перемешивающих и аэрирующих устройств внутри его корпуса приводит к довольно быстрому выходу их из строя под механическим и химическим воздействием продуктов процесса выщелачивания. Следовательно, требуются значительные затраты на ремонт. Кроме этого, необходима точная установка аэрирующей трубы относительно перемешивающих устройств при различных составах руд и концентратов, так как за пределами требуемых диапазонов установки резко снижаются технологические результаты работы автоклава. Наличие вертикальных перегородок и других устройств внутри корпуса автоклава приводит к тому, что движущаяся пульпа уплотняется на участках их расположения. В

					КП-15.03.02.-23	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		4

результате этого процесс окисления этой части пульпы замедляется, что и приводит к ее неоднородности, т.е. повышаются потери полезных компонентов.

Целью предлагаемого изобретения является упрощение конструкции автоклава, снижение эксплуатационных затрат и повышение эффективности извлечения металлов.

Поставленная цель достигается тем, что в автоклаве непрерывного действия для проведения высокотемпературного окислительного выщелачивания металлов в водной пульпе с использованием газообразного окислителя, содержащем горизонтальный цилиндрический корпус, снабженный устройствами ввода пульпы исходного концентрата и выхода раствора с полезными компонентами и отработанной пульпы, устройствами подачи в пульпу газообразного окислителя, нагревательные элементы, авторы предлагают перед устройством выхода отработанной породы установить кольцеобразный фильтр, связанный с устройством для выхода раствора с полезными компонентами и имеющий наружный диаметр, равный диаметру горизонтального цилиндрического корпуса, а устройство подачи газообразного окислителя выполнить в виде форсунок. Отверстие ввода пульпы в горизонтальный цилиндрический корпус выполнить большим по диаметру, чем отверстие выхода отработанной пульпы. Форсунки расположить по всей длине горизонтального цилиндрического корпуса автоклава и/или совместить с устройством ввода пульпы исходного концентрата, а нагревательные элементы установить на внешней поверхности корпуса по всей его длине.

В предлагаемом автоклаве горизонтальный цилиндрический корпус выполнен пустотелым, таким образом, технологическая зона выщелачивания свободна от перемешивающих и аэрирующих устройств, а также нагревательных элементов. Следовательно, обеспечивается непрерывное прохождение пульпы под давлением с равномерной ее плотностью по сечению. По данным стендовых испытаний подача газообразного окислителя под давлением непосредственно в пульпу через форсунки, расположенные по длине корпуса автоклава и/или совмещенные с устройством подачи пульпы, позволяет обеспечить равномерное окисление исходного материала пульпы по всему поперечному сечению корпуса за счет увеличения поверхности "газ - пульпа" и равномерного растворения образующихся пузырьков газа. Кольцеобразный фильтр, связанный с устройством выхода раствора с полезными компонентами и установленный перед устройством выхода отработанной пульпы, позволяет разделить раствор с полезными компонентами и отработанную пульпу. Выполнение диаметра отверстия ввода пульпы больше диаметра отверстия выхода отработанной пульпы при условии непрерывной подачи пульпы исходного материала позволяет создать необходимое давление внутри корпуса автоклава для проведения процесса выщелачивания в полном объеме и для продавливания раствора с полезными компонентами через фильтр. Таким образом, перепад давлений внутри корпуса обеспечивает постоянный и устойчивый отвод раствора с полезными

					КП-15.03.02.-23	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		5

компонентами. Кроме этого, в процессе продвижения пульпы внутри корпуса возникают различные по направлению силы от взаимодействия ее твердых частей, которые вызывают интенсивное истирание поверхностных пленок, активизируя выход полезных компонентов в раствор. Для проведения ремонта входящих в конструкцию автоклава устройств не требуется полная очистка корпуса, что значительно сокращает затраты на его эксплуатацию. Сведения об известности отличительных признаков предлагаемого технического решения при изучении патентной и научно-технической литературы заявителем не выявлены, следовательно, предлагаемая конструкция автоклава отвечает критерию "новизна".

Совокупность признаков, лежащая в основе заявляемой конструкции автоклава и обеспечивающая его эффективность, явным образом из уровня техники не следует, следовательно, она отвечает критерию "изобретательский уровень".

Предлагаемое техническое решение поясняется чертежом, где представлена схема автоклава непрерывного действия.

Автоклав содержит устройство ввода пульпы исходного концентрата 1, горизонтальный цилиндрический корпус 2, устройство подачи газообразного окислителя, выполненное в виде форсунок 3 и расположенное по всей длине корпуса 2 и/или совмещенное с устройством ввода пульпы 1, нагревательные элементы 4, расположенные по внешней поверхности корпуса, кольцеобразный фильтр 5 для отделения раствора полезных компонентов, который связан с устройством 6 выхода раствора с полезными компонентами, устройство для выхода отработанной пульпы 7.

Автоклав работает следующим образом.

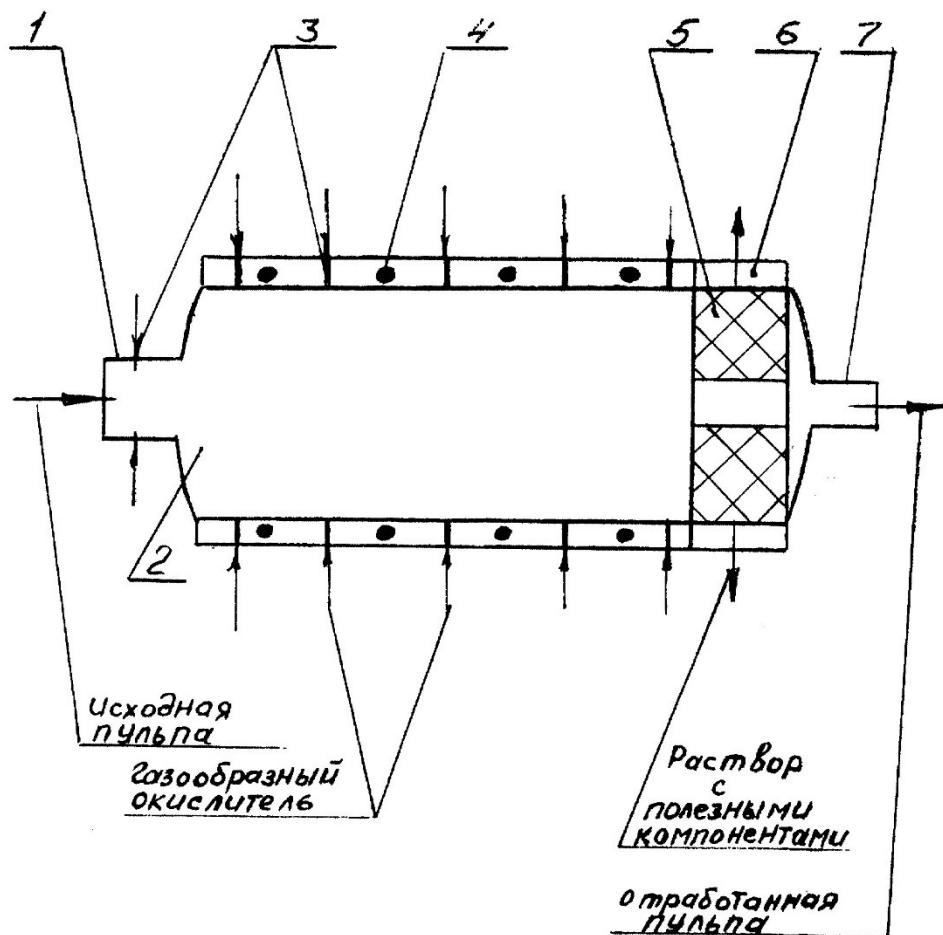
Пульпу с исходным концентратом непрерывно под давлением подают в корпус 2 через устройство 1. Одновременно с этим подают под давлением газообразный окислитель через форсунки 3. Пульпа с исходным компонентом заполняет объем корпуса 2, внутри которого создается давление. Непрерывно идет процесс выщелачивания металлов и переход их в раствор с полезными компонентами, который под воздействием давления внутри корпуса 2 продавливается через фильтр 5. А отработанная пульпа выходит через устройство 7. При этом необходимая для осуществления выщелачивания температура корпуса 2 постоянно поддерживается нагревательными элементами 4. Дальнейшая переработка раствора с полезными компонентами ведется известными методами, например, автоклавно-флотационным.

В предлагаемом автоклаве непрерывного действия для окислительного выщелачивания металлов используется в качестве окислителя газообразный кислород или кислородно-воздушная смесь.

Пустотелый горизонтальный цилиндрический корпус предлагаемого автоклава, принудительная подача пульпы исходных концентратов, газообразного окислителя и выход под давлением раствора с полезными компонентами и отработанной пустой пульпы позволяет обеспечить непрерывный и эффективный процесс выщелачивания металлов из руд или

					КП-15.03.02.-23	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		6

концентратов. Упрощение конструкции автоклава за счет расположения всех его устройств вне корпуса позволяет снизить затраты на эксплуатацию и повысить коэффициент машинного времени работы автоклава. Таким образом, увеличить объем переработки руд и концентратов и повысить производительность автоклава.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

КП-15.03.02.-23

Лис

7

## Принципы работы

В автоклаве для повышения температуры и создания давления используется водяная среда, которой заполняется межстенное пространство (водопаровая камера). После выбора технологического (рабочего) цикла в рабочей камере автоклава создаётся предварительный фракционированный с периодическим прогревом вакуум, т. е. происходит эффективное удаление воздуха и конденсата в рабочей камере. При нагревании водяной пар поступает в камеру, повышая в ней давление и температуру в соответствии с заданными параметрами, и начинается фаза стерилизации. Повышенное давление в автоклаве компенсирует температурное расширение продукта. Такие условия позволяют ускорить реакцию, а также увеличить выход продукта. По окончании стерилизационной выдержки в камере автоклава сбрасывается давление и начинается этап вакуумной пульсирующей сушки изделий, а оставшаяся влага мгновенно испаряется при высокой температуре и отрицательном давлении.

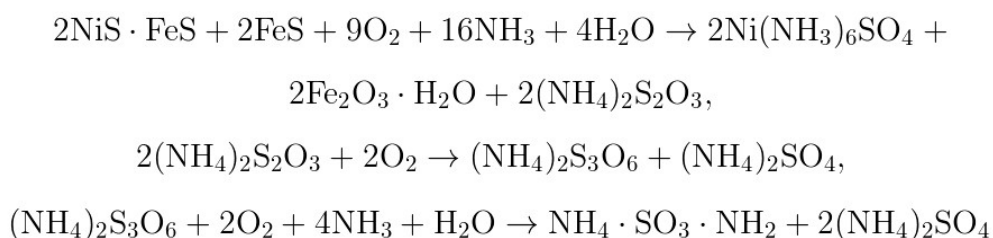
В зависимости от характера работы автоклавы снабжаются внутренними, наружными или выносными теплообменниками, механическими, электромагнитными либо пневматическими перемешивающими устройствами, различными приборами для контроля режима температуры, давления, уровня жидкости и регулирования параметров. В промышленности используют автоклавы с водяным (вода в системе циркулирует при помощи насоса) и воздушным (охлаждение происходит при помощи струи холодного потока воздуха) охлаждением.

Управление циклом стерилизации, а также отображение параметров цикла осуществляется с помощью интерактивного электронного сенсорного экрана, расположенного на лицевой панели автоклава. С помощью расположенных на панели элементов управления (кнопки, плавные регуляторы и т. п.) оператор осуществляет выбор цикла, настройку параметров, а также имеет возможность переводить автоклав в режим ожидания.

					КП-15.03.02.-23	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		8

## Автоклавное выщелачивание

Автоклавное выщелачивание – химический процесс, который проводится с целью извлечения из твердых веществ (руды, концентраты) различных компонентов (золота, меди, серебра, железа, цинка, вольфрама, никеля, алюминия и т.д.) при помощи водных растворов щелочей и кислот (кислотное выщелачивание). В основе данного процесса лежит химическая реакция, при которой извлекаемый компонент переходит из нерастворимого в растворимое состояние. В качестве примера можно привести реакции аммиачного окислительного выщелачивания:



Перед проведением процесса химического выщелачивания руду, как правило, измельчают и обжигают в токе воздуха в присутствии сульфатов, хлоридов, кислот и др. добавок. Это позволяет перевести минералы в более легко растворимые соединения. После выщелачивания реакционная масса отстаивается и фильтруется для отделения твердой фазы от жидкой. Технологически данный процесс протекает преимущественно в емкостных реакторах с перемешивающим устройством. Скорость реакции зависит от степени измельчения твердого сырья. Иными словами, чем выше удельная поверхность частиц, а так же чем выше количество включений растворяемого минерала доступно для водного раствора, тем больше степень извлечения целевого компонента. Однако при размерах частиц менее 50 мкм увеличивается вязкость реакционной массы и, как следствие, количество затрачиваемой энергии на проведение реакции. На увеличение степени извлечения целевого компонента так же влияет и увеличение давления, которое, в свою очередь, повышает и растворимость O<sub>2</sub> при автоклавном окислительном выщелачивании.

Температура выщелачивания варьируется от 60 до 300 °С, а давление может достигать 800 бар. Перемешивающее устройство необходимо, прежде всего, для дополнительной интенсификации процесса. Иногда в лабораторной и промышленной практике процесс интенсифицируют при помощи струйной подачи газов, электрических полей, ультразвука, вибрации и других методов.

					КП-15.03.02.-23	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		9



## КОНСТРУКЦИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОКЛАВОВ

Современные промышленные автоклавы являются сложными высокотехнологичными аппаратами, обладающими большой производительностью. По конструкции автоклавы бывают вертикальные, горизонтальные, вращающиеся, качающиеся и колонные. Автоклав имеет вид сосуда (камеры, цилиндра), который на время работы закрывается специально подогнанными сферичными крышками, обеспечивающими его полную герметичность, т. к. в нём происходит нагрев продукта под давлением до высоких температур.

1. Вертикальные автоклавы
  2. Горизонтальные автоклавы
  3. Вращающиеся автоклавы
  4. Качающиеся автоклавы
  5. Колонные автоклавы
1. В вертикальных автоклавах (характеризуются компактной конструкцией) водяная среда нагревается в основном при помощи специальных трубчатых электрических нагревателей (тэнов), расположенных внутри нижней части камеры автоклава. Такие автоклавы получили широкое распространение для использования в лабораторных условиях.
  2. В горизонтальных автоклавах (рис.) чаще используется газовый обогрев, который характеризуется минимальным временем нагрева и большей гибкостью эксплуатации. Такие автоклавы применяются, как правило, в промышленности для обработки композитных материалов. Это лучший вариант классического автоклава, так как имеет простой монтаж, занимает небольшую площадь и не требует системы диатермического обогрева. Кроме этого, расходы на процесс термической обработки изделия у такого автоклава значительно ниже, чем при использовании электрического автоклава. Существуют модели горизонтального автоклава и со спиральным теплообменником, которые являются примером энергосберегающих технологий. Спиральный теплообменник позволяет работать с любым изделием, однако его стоимость значительно выше газового, кроме этого, он имеет и длительный срок окупаемости.
  3. Вращающиеся автоклавы применяют для работы с суспендированными (суспензированными, взвешенными) твёрдыми или кашицеобразными веществами (для выщелачивания минеральных концентратов разнообразных металлов и руд). Автоклав имеет вид герметичного сосуда со съёмной крышкой, которая прикреплена к

					КП-15.03.02.-23	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

корпусу при помощи уплотнительной прокладки и шпилек. Снаружи крышки монтируется запорный кран с многослойным фильтром.

4. Качающиеся автоклавы позволяют выполнять перемешивание веществ в таких упаковках, для которых стерилизация в обычных автоклавах считается неприемлемой.
5. Колонные автоклавы обычно используются для создания глинозёма из бокситов (позволяют снизить трудовые и временные затраты в процессе их получения).

Автоклавы изготавливают из высококачественных сталей, алюминия и других металлов, которые нередко покрывают химически стойкими материалами (эмалью, фторопластами). Корпус конструируют методом сваривания или склёпывания звеньев с выпуклыми днищами. В корпусе делают специальные отверстия (крышки), через которые удобно загружать материалы. Пар подаётся к перфорированной трубе через штуцер, а конденсат удаляется через спускной клапан. В электрических автоклавах система подачи нагретого пара отделена от рабочей камеры. Пар подаётся в камеру через патрубок от котелка, снабжённого электронагревательным элементом с регулятором степени нагрева. Чтобы избежать больших тепловых потерь, внешние поверхности автоклава покрыты тепловой изоляцией, что способствует интенсификации технологического процесса.

Конструкция и основные параметры промышленного автоклава разнообразны: ёмкость от нескольких десятков кубических сантиметров до кубометров; предназначены для работы под давлением до 150 МПа (1500 кгс/см<sup>2</sup>) при температуре до 500 °С. Как правило, современные промышленные автоклавы в диаметре составляют от 1,2 м до 7,6 м, в длину – от 1,9 м до 40 м. При проведении в автоклаве физико-химических процессов используются давления до 300 МПа и температуры до нескольких тысяч градусов.

## ПРИМЕНЕНИЕ АВТОКЛАВОВ

					КП-15.03.02.-23	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		11

Автоклавы применяют для научных исследований (лабораторные автоклавы), в медицине, биологии, металлургии, химической, резиновой, пищевой промышленности, при производстве стройматериалов.

Основная часть автоклавов, используемых в медицине и биологии, – герметически закрывающийся резервуар с двойными стенками, выдерживающими высокое давление. Если процесс стерилизации осуществляется без воздействия высокого давления, то используют термин стерилизатор либо сушильный шкаф. Медицинские автоклавы применяют для стерилизации хирургического перевязочного материала и инструментов, посуды и некоторых приборов для выращивания микроорганизмов, обеззараживания инфицированного материала, уничтожения культур болезнетворных микроорганизмов, при создании изделий из карбонового волокна, для придания им твёрдых форм и т. п. В межстенное пространство (водопаровая камера) заливается дистиллированная вода. При нагревании водяной пар поступает в стерилизационную камеру, повышая в ней давление и температуру(+100 °С). В металлургии (гидрометаллургии, см. также Автоклавное выщелачивание) с помощью автоклавов выполняется очистка растворов металлов от примесей и процесс восстановления драгоценных и редкоземельных металлов после выщелачивания из подготовленных растворов. Объём аппарата может изменяться от десятков кубических миллиметров (лабораторные импульсные автоклавы) до нескольких сотен кубометров (горизонтальные автоклавы для окисления Ni-концентратов). Для агрессивных жидкостей используют автоклавы из нержавеющей стали, а также аппараты, футерованные коррозионно- и термостойкими покрытиями или плитками. Используют цилиндрические или сферические автоклавы, работающие при 260 °С и давлении 6 МПа, и автоклавные установки типа «труба в трубе» (во внешнюю трубу подают теплоноситель, во внутреннюю – нагреваемую смесь), работающие при температуре менее 300 °С.

В химической промышленности автоклавы применяются при производстве гербицидов, органических полупродуктов и красителей, в процессах синтеза. Для проведения разнообразных химических реакций данный аппарат называют химическим реактором. В случае необходимости перемешивания продукта используются автоклавы с бессальниковыми мешалками и экранированным электродвигателем, не требующим уплотнения.

В резиновой промышленности автоклавы используются для вулканизации или отверждения многих резиновых или пластиковых изделий.

В пищевой промышленности автоклавы применяются для стерилизации, пастеризации продуктов (в т. ч. консервов), приготовления пищи и др. Используются вертикальные и горизонтальные автоклавы широкого спектра разновидностей, размеров и принципов действия. Например, в горизонтальных автоклавах для пищевой промышленности может создаваться необходимое противодавление по отношению к каждой отдельно

					КП-15.03.02.-23	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		12

взятой упаковке с продуктом, что позволяет проводить стерилизацию продуктов не только в жёсткой таре (стеклянная, железная), но и в мягкой и полужёсткой упаковке.

Производство строительных материалов, в частности силикатных, базируется на гидротермальном синтезе гидросиликатов кальция, который осуществляется в реакторе-автоклаве в среде насыщенного водяного пара с давлением 0,8–3 МПа и температурой 175–200 °С. В данном производстве большой объём работ составляет процесс получения извести для сырьевой смеси. В технологический процесс производства извести входят следующие операции: добыча известкового камня в карьерах, дробление и сортировка его по фракциям, обжиг в шахтных вращающихся и других печах, дробление или помол комовой извести (получение негашёной извести). Получение сырьевой смеси осуществляется двумя способами: барабанным и силосным, которые отличаются друг от друга приготовлением известк.-песчаной смеси. В наши дни почти все элементы зданий и сооружений (панели, плиты перекрытий, элементы лестниц и др.) могут быть изготовлены из армированного силикатного бетона, который по своим свойствам почти не уступает железобетонным, а благодаря применению местных сырьевых материалов и промышленных отходов обходится на 15–20% дешевле, чем аналогичные железобетонные элементы на портландцементе. На современных автоклавных установках изготавливают газобетон и пенобетон. Их широко применяют в строительстве коммерческих и жилых зданий разного назначения и этажности. Газобетон и пенобетон могут быть применены как для несущей конструкции, так и для межкомнатных перегородок и в качестве перемычек. Автоклавный метод изготовления газобетона и пенобетона является основным, так как в автоклаве создаются оптимальные условия для твердения смеси, а использование управляемого автоклавного процесса позволяет получить газобетон и пенобетон с заданными техническими характеристиками.

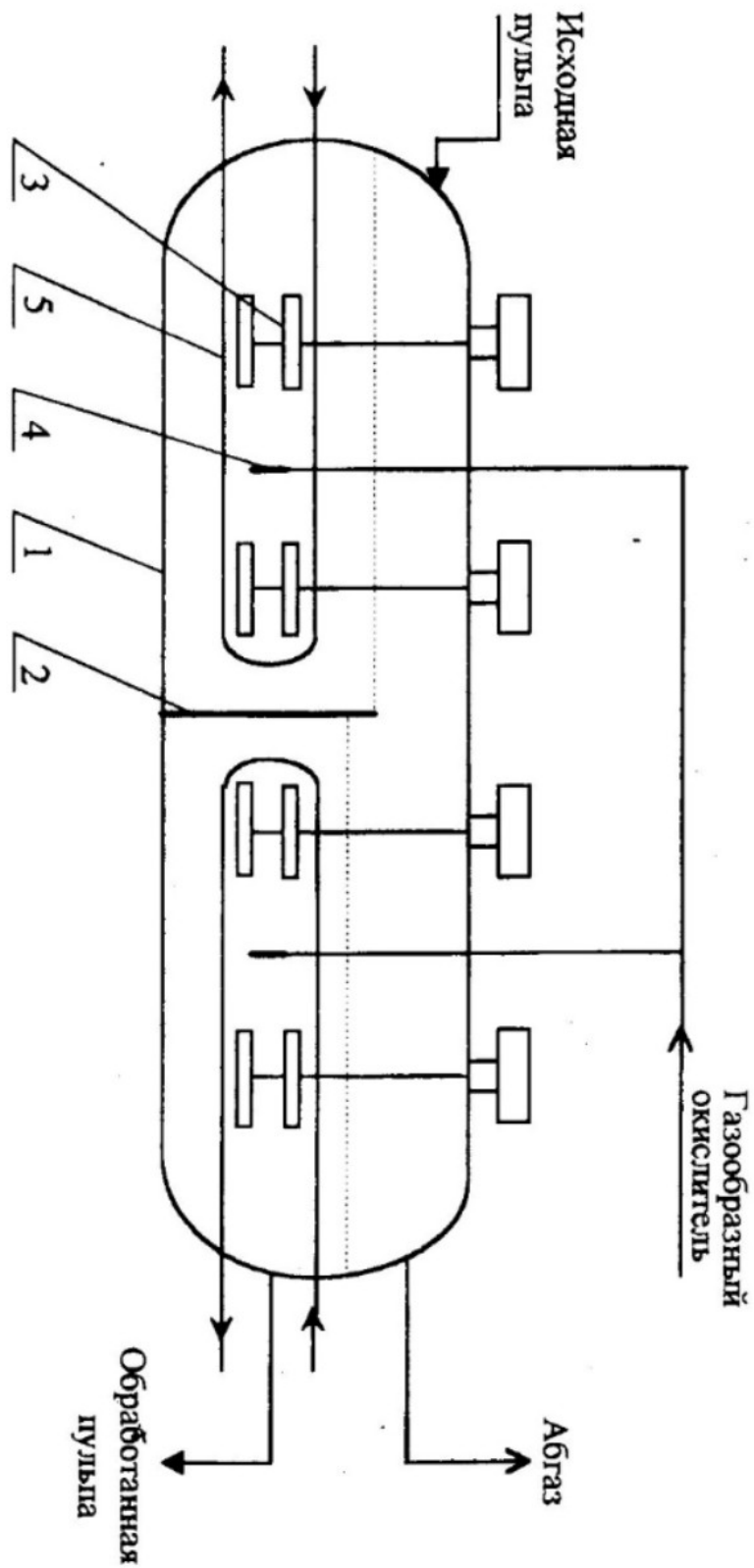
Так же изготавливают ячеистый бетон, силикатные блоки и панели, облицовочные, теплоизоляционные материалы и другие изделия. Автоклавы используются для изготовления плёночного триплекса. При использовании автоклавной технологии обеспечиваются улучшенные оптические характеристики стекла, повышается его влагостойкость и т. п. При производстве триплекса применяют туннельные или тупиковые автоклавы. Внешне они представляют собой трубу 3–6 м в диаметре и 15–20 м в длину, закрываемую крышкой с байонетными затворами (тупиковыми с одной стороны, туннельными с двух сторон). Вдоль по длине автоклава расположены рельсы для вагонеток с изделиями. Автоклавы оборудованы магистралями для впуска насыщенного пара, перепуска отработанного пара в другой автоклав, выпуска пара в атмосферу или в утилизатор и для конденсатоотвода.

					КП-15.03.02.-23	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		13

## АВТОКЛАВ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ВСКРЫТИЯ ПИРРОТИНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Изобретение относится к автоклавам для гидротермического вскрытия пирротинового сырья с использованием газообразного реагента-окислителя. Автоклав содержит горизонтальный цилиндрический корпус, разделенный вертикальными перегородками на секции, в которых попарно установлены двухъярусные перемешивающие устройства механического типа, встроенные теплообменники и устройства для подачи в пульпу газообразного окислителя, которое выполнено в виде вертикальной аэрационной трубы с перфорированным нижним участком и заглушенным свободным торцом, установленной между перемешивающими устройствами на расстоянии не более 0,8 диаметра мешалки от их оси симметрии. При этом при переработке материалов, содержащих менее или 31% серы, нижняя граница перфорации аэрационной трубы расположена на уровне не ниже 0,2 и не выше 0,8 диаметра мешалки нижнего яруса от плоскости ее вращения, а верхняя граница перфорации аэрационной трубы расположена ниже плоскости вращения мешалки верхнего яруса на 0,1 - 1,2 ее диаметра. При переработке же материалов, содержащих более 31% серы, нижняя граница перфорации аэрационной трубы расположена выше плоскости вращения мешалки нижнего яруса на 1,1 - 1,5 ее диаметра, а верхняя граница перфорации аэрационной трубы расположена выше плоскости вращения мешалки верхнего яруса не более чем на 0,5 ее диаметра. Плотность перфорации аэрационной трубы вдоль геометрических образующих ее поверхности является однородной, а перфорация в сечениях, перпендикулярных оси аэрационной трубы, выполнена неоднородной. Перфорированные участки аэрационной трубы в ее поперечном сечении представляют собой две равные дуги, каждая из которых опирается на центральный угол, равный  $(0,4 - 0,8) \pi$  радиан, развернутые в сторону перемешивающих устройств таким образом, что середина дуги лежит на линии, соединяющей точки пересечения оси аэрационной трубы и осей перемешивающих устройств с секущей плоскостью. Использование изобретения позволяет увеличить производительность автоклава, повысить степень разложения пирротина и увеличить степень использования газообразного окислителя.

					КП-15.03.02.-23	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		14



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

КП-15.03.02.-23

Лис

15



На поздних стадиях гидротермального процесса при росте активности серы, пирротин замещается сначала метастабильным марказитом, а затем пиритом. При выветривании в зоне окисления он является наиболее легко разлагающимся сульфидом. Первоначально образуется сульфат закиси железа, который в присутствии кислорода переходит в сульфат окиси железа. Последний, кристаллизуясь, дает нерастворимые гидроокислы железа (лимонит) и свободную серную кислоту, переходящую в раствор. Месторождения Мердита (Албания); Вальдзасен в горах Фихтель, Боденмайс в Баварии (ФРГ); никель-пир-ротиновое месторождение мирового значения Садбери (Канада); Печенга и Мончегорск на Кольском п-ове, Норильск в Сибири (СССР). Скопления пирротина распространены в скарнах Брейтенбрунна, Шварценберга, Шмальцгрубе, в большинстве рудных жил в Рудных горах; широко распространен в многочисленных лампро-фириновых жилах Лаузица, известен в Золанде на Шпрее, во многих диабазах Гарца и Тюрингенского Леса и др. (ГДР); Шлукнов и другие многочисленные местонахождения в габбровых комплексах Чешских Средних гор (ЧССР) и др. Применение Практическое значение пирротина не слишком существенное, хотя никелевый пирротин является важной рудой никеля. Как сырье для производства серной кислоты пирротиновые руды значительно уступают пиритовым. Минерал пирротин добывается в качестве составной части руды. Например, на месторождениях рудного поля Садбери в Канаде он является одним из 4 главных рудообразующих минералов (всего там в состав руды входят 64 минерала). Минерал пирротин представляет промышленную ценность как источник никеля, кобальта, меди или платины, если он обогащён соответствующими примесями. Попутно пирротин может служить сырьём для производства серной кислоты, а также железного купороса и крокуса. Железный купорос ( $FeSO_4$ ) применяется в производстве чернил, для консервирования дерева, для окраски шерсти в чёрный цвет. Из железного купороса, даже в домашних условиях, несложно изготовить крокус ( $Fe_2O_3$ ). Крокус используют как абразив при полировке зеркал, стёкол. На основе крокуса изготавливают пасты для финишной полировки золота, серебра, бронзы и прочих мягких металлов (для полировки стали крокус не рекомендуется – якобы он ухудшает её свойства). А еще крокус издавна используется как пигмент для изготовления женской косметики, включая губные помады и пудры. Применяется как катализатор в пирротехнике. Те, кто сами изготавливают пороховые ракеты, используют его в качестве компонента топлива.

- источник получения никеля (см. Никелевые руды).

						КП-15.03.02.-23	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат			17



## Формула изобретения

1. Автоклав непрерывного действия для проведения высокотемпературного вскрытия пирротиновых материалов в водной пульпе с использованием газообразного окислителя, содержащий горизонтальный цилиндрический корпус, разделенный вертикальными перегородками на секции, в которых попарно установлены двухъярусные перемешивающие устройства механического типа, устройства для подачи в пульпу газообразного окислителя и встроенные теплообменники, отличающийся тем, что устройство для подачи в пульпу газообразного окислителя выполнено в виде вертикальной аэрационной трубы с перфорированным нижним участком и заглушенным свободных торцом, установленной между перемешивающими устройствами на расстоянии не более 0,8 диаметра мешалки от их оси симметрии, при этом при переработке материалов, содержащих менее или 31 мас.% серы, нижняя граница перфорации аэрационной трубы расположена на уровне не ниже 0,2 и не выше 0,8 диаметра мешалки нижнего яруса от плоскости ее вращения, а верхняя граница перфорации аэрационной трубы расположена ниже плоскости вращения мешалки верхнего яруса на 0,1 - 1,2 ее диаметра, при переработке же материалов, содержащих более 31 мас.%, нижняя граница перфорации аэрационной трубы расположена выше плоскости вращения мешалки нижнего яруса на 1,1 - 1,5 ее диаметра, а верхняя граница перфорации аэрационной трубы расположена выше плоскости вращения мешалки верхнего яруса не более, чем на 0,5 ее диаметра.

2. Автоклав по п.1, отличающийся тем, что плотность перфорации аэрационной трубы вдоль геометрических образующих ее поверхности является однородной, а перфорация в сечениях, перпендикулярных оси аэрационной трубы, выполнена неоднородной.

3. Автоклав по п.1 или 2, отличающийся тем, что перфорированные участки аэрационной трубы в ее поперечном сечении представляют собой две равные дуги, каждая из которых опирается на центральный угол, равный (0,4-0,8)  $\pi$  радиан, развернутые в сторону перемешивающих устройств таким образом, что середина дуги лежит на линии, соединяющей точки пересечения оси аэрационной трубы и осей перемешивающих устройств с секущей плоскостью.

					КП-15.03.02.-23	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		18

## Описание

Изобретение относится к оборудованию для гидрометаллургической переработки сложного полиметаллического сырья, в частности, для окислительного выщелачивания пирротинсодержащих материалов с использованием газообразного реагента-окислителя.

Известен автоклав непрерывного действия для высокотемпературного окислительного выщелачивания сульфидов тяжелых цветных металлов и железа с использованием в качестве окислителя газообразного кислорода, содержащий горизонтальный цилиндрический корпус, разделенный перегородками на несколько секций, в которых установлены одно- или двухъярусные механические перемешивающие устройства. При этом окислитель - газообразный кислород, подается в пульпу посредством барботеров, выполненных в виде изогнутых труб, подведенных под каждую мешалку нижнего яруса, с установленным на их свободном конце устройства для диспергирования кислорода до мелкодисперсных пузырьков

Недостаток известного автоклава заключается в сложности монтажа и демонтажа барботера в эксплуатационных условиях. Для промышленных автоклавов ввод барботажных труб под мешалку определяет, как правило, необходимость полного опорожнения аппарата и частичного демонтажа перемешивающего устройства при необходимости замены вышедшего из строя барботера. Это увеличивает время ремонта и снижает производительность автоклавного оборудования.

Кроме того, подвод окислителя непосредственно в зону работы мешалки приводит к образованию области повышенных температур за счет интенсивного выделения экзотермического тепла, образующегося в результате окисления сульфидов. Поэтому, при переработке легкоокисляющихся пирротиновых материалов в автоклаве известной конструкции, вследствие низкой теплопроводности образующихся железогидратных пульп в зоне омывания мешалки кислородом будут развиваться экстремальные условия, которые вызовут интенсивную коррозию лопаток мешалки и быстрый выход их из строя.

Известен автоклав для проведения непрерывных химических процессов с системе "газ - жидкость" или "газ - жидкость - твердое", содержащий горизонтальный цилиндрический корпус, разделенный на секции вертикальными перегородками. В каждой секции автоклава установлено по одному двухъярусному перемешивающему устройству механического типа, верхний ярус которого оборудован диффузором для аэрации и насыщения жидкой фазы газообразным реагентом (А.с. СССР N 373023, МКИ В 01 J 1/00, 1973. - БИ N 14).

Аэрирующие перемешивающие устройства являются сложными и очень дорогими в изготовлении агрегатами со строго заданными величинами зазоров между ротором и статором, выполненными из высоколегированных прецизионных конструкционных сталей. При перемешивании трехфазных пульп с высоким эрозионно-коррозионными свойствами аэрирующие мешалки подвержены значительному износу, приводящему к снижению

					КП-15.03.02.-23	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		19

технологических показателей, в частности к уменьшению разложения пирротина, и приводит к необходимости их полной замены. Это является значительным недостатком известного автоклава.

Наиболее близким к предлагаемому автоклаву по совокупности признаков и техническим характеристикам является автоклав непрерывного действия для окислительного высокотемпературного выщелачивания пирротиновых и никель-пирротиновых концентратов. Автоклав состоит из горизонтального цилиндрического корпуса, разделенного вертикальной перегородкой на две секции. В каждой секции попарно установлены двухъярусные аэрационно-перемешивающие устройства конструкции НИИХИММАШа с закрытой турбинной мешалкой для аэрации и перемешивания среды, винтовой мешалкой для поддержания твердых частиц во взвешенном состоянии и транспортирования материала к турбине-аэратору. Газовая фаза, несущая окислитель - кислород, подается в аэратор через диффузор. Для отвода избыточного тепла, выделяющегося в результате экзотермических реакций, автоклав снабжен встроенными трубчатыми теплообменниками (Борбат В.Ф., Воронов А. Б. Автоклавная технология переработки никель-пирротиновых концентратов. - М.: Metallургия, 1980. - С. 67 - 70; Борбат В.Ф. Гидрометаллургия. - М.: Metallургия, 1986. - С. 143 - 146).

Недостатком известного автоклава является сложная конструкция аэрационного устройства, предопределяющая значительный уровень эксплуатационных затрат.

Другим серьезным недостатком известного автоклава является отсутствие возможности гибкого регулирования расхода газообразного окислителя, вследствие того, что перемешивающие устройства автоклава имеют фиксированные аэрационные характеристики. Последние, кроме того, в ходе эксплуатации подвержены значительному дрейфу в результате коррозионно-эрозийного расширения зазора между статором и ротором, следствием чего является низкая степень использования газообразного реагента-окислителя и увеличение потерь ценных металлов при последующей переработке окисленной пульпы.

Задача, решаемая изобретением, заключается в удешевлении и упрощении аэрационного устройства автоклава при одновременном увеличении производительности автоклава, повышении степени разложения пирротина и увеличении степени использования газообразного окислителя за счет принудительной подачи последнего в зону высокоинтенсивной турбулентности потока пульпы, создаваемой синхронной работой пары перемешивающих устройств.

Сущность изобретения заключается в том, что в автоклаве непрерывного действия для проведения высокотемпературного вскрытия пирротиновых материалов в водной пульпе с использованием окислителя, содержащем горизонтальный цилиндрический корпус, разделенный вертикальными перегородками на секции, в которых попарно установлены двухъярусные перемешивающие устройства механического типа, устройства для подачи в пульпу газообразного окислителя и встроенные теплообменники, согласно

					КП-15.03.02.-23	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		20

изобретению, устройство для подачи в пульпу газообразного окислителя выполнено в виде вертикальной аэрационной трубы с перфорированным нижним участком и заглушенным свободным торцом, установленной между перемешивающими устройствами на расстоянии не более 0,8 диаметра мешалки от их оси симметрии, при этом, при переработке материалов, содержащих менее или 31 мас.% серы, нижняя граница перфорации аэрационной трубы расположена на уровне не ниже 0,2 и не выше 0,8 диаметра мешалки нижнего яруса от плоскости ее вращения, а верхняя граница перфорации аэрационной трубы расположена ниже плоскости вращения мешалки верхнего яруса на 0,1 - 1,2 ее диаметра, при переработке же материалов, содержащих более 31 мас.% серы, нижняя граница перфорации аэрационной трубы расположена выше плоскости вращения мешалки нижнего яруса на 1,1 - 1,5 ее диаметра, а верхняя граница перфорации аэрационной трубы расположена выше плоскости вращения мешалки верхнего яруса не более чем на 0,5 ее диаметра.

Другим отличием автоклава является то, что плотность перфорации аэрационной трубы вдоль геометрических образующих ее поверхности является однородной, а перфорация в сечениях, перпендикулярных оси аэрационной трубы выполнена неоднородной.

Следующее отличие автоклава заключается в том, что перфорированные участки аэрационной трубы в ее поперечном сечении представляют собой две равные дуги, каждая из которых опирается на центральный угол, равный  $(0,4 - 0,8) \pi$  радиан, развернутые в сторону перемешивающих устройств таким образом, что середина дуги лежит на линии, соединяющей точки пересечения оси аэрационной трубы и осей перемешивающих устройств с секущей плоскостью.

Автоклав предназначен для высокотемпературного вскрытия пирротинсодержащих материалов с широким диапазоном массовой доли серы. В качестве окислителя используют компримированный газообразный кислород или кислородовоздушную смесь (КВС).

Экспериментально установлено, что при наличии в одной секции автоклава двух перемешивающих устройств эффективность принудительной подачи газообразного окислителя в пульпу в значительной степени зависит от расположения перфорированного участка аэрационной трубы относительно оси симметрии перемешивающих устройств. По данным стендовых испытаний наилучшие условия диспергирования и массообмена достигаются при вводе газообразного окислителя (кислорода) в пространство между мешалками, ограниченное цилиндром радиуса 0,8 диаметра мешалки, ось которого совпадает с осью симметрии перемешивающих устройств. Это можно объяснить тем, что при работе двух перемешивающих устройств, вращающихся в одну и ту же сторону (например, по часовой стрелке), в каждой секции автоклава, вокруг мешалок образуются циркуляционные контуры, а в месте встречи этих контуров появляются вихревые зоны с наиболее интенсивным перемешиванием пульпы. Локальная диссипация кинетической энергии перемешиваемых потоков в этих зонах практически

						КП-15.03.02.-23	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат			21

вдвое выше по сравнению со средним по секции значением. В связи с этим, подача газа через перфорированные трубы непосредственно в вихревые зоны приводит к тонкому диспергированию газообразного окислителя, увеличению удельной поверхности раздела фаз "газ - пульпа" и, следовательно, способствует повышению скорости растворения пузырьков газа, увеличению их времени пребывания в пульпе и, в конечном итоге, - повышению скорости полезного использования окислителя.

Гидродинамические исследования показали, что "эпицентры" вихревых зон пульпы локализуются на оси симметрии перемешивающих устройств в плоскостях вращения мешалок. Установка диспергатора на расстоянии более 0,8 диаметра мешалки от оси симметрии перемешивающих устройств приводит к значительному снижению степени использования кислорода и ухудшает условия вскрытия пирротина. Последнее отрицательно влияет на показатели последующей переработки окисленной пульпы: снижает качество получаемого серосульфидного концентрата и увеличивает безвозвратные потери ценных компонентов с отвальными хвостами. При этом характерно что изменение положения диспергатора относительно указанной оси симметрии внутри области, ограниченной цилиндром с радиусом 0,8 диаметра мешалки, заметного влияния на показатели работы автоклава не оказывает.

Согласно экспериментальным данным на показатели работы предлагаемого автоклава существенное влияние также оказывает расположение участка перфорации аэрационной трубы относительно плоскостей вращения мешалок нижнего и верхнего яруса перемешивающих устройств. При этом оптимальная область расположения участка перфорации в значительной степени зависит от состава перерабатываемого пирротинового сырья.

При поступлении в переработку малосернистых пирротиновых материалов, содержащих не более 31 мас.% серы, наилучшие показатели работы предлагаемого автоклава достигается в том случае, когда нижняя граница перфорации аэрационной трубы находится на уровне не ниже 0,2 и не выше 0,8 диаметра мешалки нижнего яруса от плоскости ее вращения, а верхняя граница перфорации находится ниже плоскости вращения мешалки верхнего яруса на 0,1 - 1,2 ее диаметра. За пределами указанных диапазонов технологические результаты работы автоклава резко снижаются. В частности, при расположении нижней границы перфорации аэрационной трубы ниже 0,2 диаметра мешалки нижнего яруса от плоскости ее вращения область высоких температур ("факел" процесса) развивается в непосредственной близости от днища корпуса автоклава. Это приводит к быстрому разрушению слоя донной футеровки и снижению кампании работы автоклавного агрегата. Кроме того, чрезмерное заглубление перфорированного участка аэрационной трубы приводит к тому, что часть окислителя не попадает в область высокой турбулентности, создаваемой одновременной работой двух мешалок. Это снижает эффективность предлагаемой конструкции, что, в конечном итоге, выражается в снижении таких показателей как степень разложения пирротина и полнота

						КП-15.03.02.-23	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат			22



пульпы расплавленной элементарной серой, характеризующейся в интервале температур  $\approx 158 - 187^\circ\text{C}$  аномальной зависимостью вязкости от температуры, приводит к загущению пульпы. Известно, что при  $187^\circ\text{C}$  вязкость серы достигает максимального значения ( $93,3 \text{ Па} \cdot \text{с}$ ) и в этом состоянии жидкая сера практически полностью теряет текучесть (Менковский М.А., Яворский В.Т. Технология серы. - М. : Химия, 1985. - С.20). Экстремальное повышение вязкости элементарной серы, с одной стороны, осложняет ее отделение от сульфидных минералов, с другой - повышает структурированность пульпы, ухудшая ее реологические свойства. Оба этих фактора способствуют образованию в автоклаве вязкого серосульфидного плава, вероятность появления которого резко повышается при расположении нижней границы перфорации аэрационной трубы на расстоянии менее 1,1 диаметра мешалки нижнего яруса над плоскостью ее вращения. Вместе с тем, при увеличении расстояния между нижней границей перфорации аэрационной трубы и плоскостью вращения мешалки нижнего яруса более чем на 1,5 диаметра мешалки, значительно увеличивается проскок окислителя в газовую фазу автоклавов и снижаются показатели автоклавной обработки пирротинового сырья, что приводит к повышению потерь ценных компонентов с отвальными хвостами. Для достижения высокого показателя использования окислителя и повышения степени разложения пирротина верхняя граница перфорации аэрационной трубы не должна находиться выше плоскости вращения мешалки верхнего яруса более чем на 0,5 диаметра мешалки.

Опыт эксплуатации стендовой модели предлагаемого автоклава показал, что перфорацию аэрационной трубы в ее поперечном сечении предпочтительно выполнять неоднородной. Струи окислителя, бьющие в направлении периферийных теплообменников и боковой футеровки корпуса автоклава, вызывают на холодильниках ускоренное образование серосульфидных настывлей и термоэрозионное разрушение футеровальной керамики. В процессе стендовых испытаний было установлено, что наиболее эффективна конструкция аэрационной трубы, перфорированные участки которой в поперечном сечении представляют собой две равные дуги, каждая из которых опирается на центральный угол, равный  $(0,4 - 0,8) \pi$  радиан, в сторону перемешивающих устройств таким образом, что середина дуги лежит на линии, соединяющей точки пересечения трубы и перемешивающего устройства с секущей плоскостью. В том случае, когда указанный центральный угол равен меньше  $0,4 \pi$  радиан возникает неоднородность окисления пирротина по сечению автоклава и увеличивается проскок окислителя в газовую фазу. Вместе с тем, при увеличении центрального угла более  $0,8 \pi$  радиан резко ускоряются износ футеровки корпуса автоклава и зарастание холодильников серосульфидными настывлями.

В завяленном автоклаве в отличие от всех известных технических решений найдено оптимальное положение кислородоподводящей аэрационной трубы относительно пары двухъярусных перемешивающих устройств. Кроме того, впервые выявлена связь между областью подачи в автоклав окислителя и

						КП-15.03.02.-23	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат			24

серосодержанием исходного пирротинового сырья, на основе чего заявлено расположение устройства для подачи в пульпу газообразного окислителя относительно плоскостей вращения мешалок верхнего и нижнего ярусов. Сведения об известности отличительных признаков предлагаемого технического решения при изучении патентной и научно-технической литературы не выявлены. Совокупность признаков, лежащая в основе заявленной конструкции автоклава и обеспечивающая его эффективность, явным образом из уровня техники не следует. Таким образом, заявленный автоклав отвечает критерию изобретательского уровня.

					КП-15.03.02.-23	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		25



Изобретение поясняется чертежами,

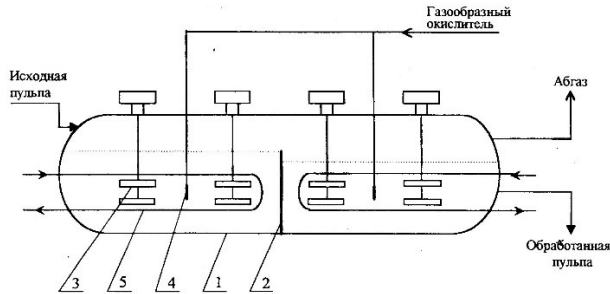


Рис.1

Рис.1 представлен общий вид на 2-секционный автоклав непрерывного действия,

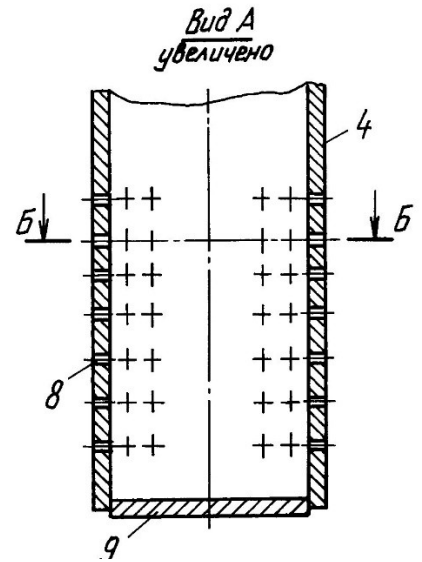


Рис.3

Рис.3 показан вид А с фиг. 2 - нижний участок перфорированной трубы для подачи газообразного окислителя в автоклав;

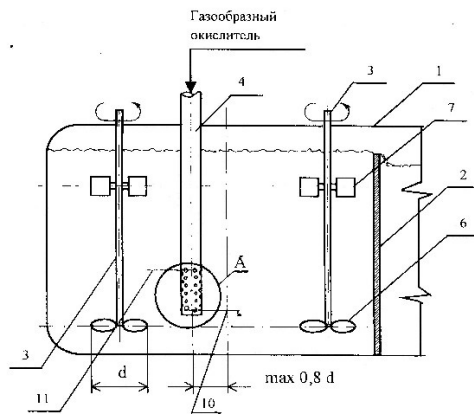


Рис.2

Рис.2 - конструкция одной секции устройства для подачи в пульпу газообразного окислителя;

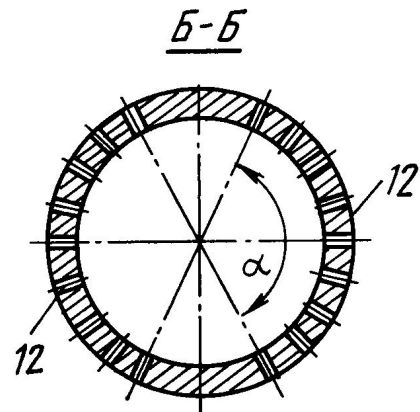


Рис.4

Рис.4 - разрез по Б-Б на рис. 3.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

### **Автоклав непрерывного действия.**

Автоклав непрерывного действия для проведения высокотемпературного вскрытия пирротиновых материалов содержит (фиг. 1): горизонтальный цилиндрический корпус 1, разделенный вертикальными перегородками 2 на секции, в которых попарно установлены двухъярусные перемешивающие устройства 3 механического типа; устройства для подачи в пульпу газообразного окислителя, выполненные в виде вертикальных аэрозольных труб 4, и встроенные теплообменники 5. Перемешивающие устройства 3 выполнены двухъярусными и имеют мешалку нижнего яруса 6, и мешалку верхнего яруса 7 (фиг. 2). Вертикальная аэрационная труба 4 выполнена с перфорированным нижним участком 8 и заглушенным свободным торцом 9, и установлена между устройствами 3 на расстоянии не более 0,8 диаметра мешалки от их оси симметрии. При этом, при переработке материалов, содержащих менее или 31 мас.% серы, нижняя граница 10 перфорации аэрационной трубы 4 расположена на уровне не ниже 0,2 и не выше 0,8 диаметра мешалки нижнего яруса 6 от плоскости ее вращения, а верхняя граница 11 перфорации аэрационной трубы 4 расположена ниже плоскости вращения мешалки верхнего яруса 7 на 0,1 - 1,2 ее диаметра. При переработке же материалов, содержащих более 31 мас.% серы, нижняя граница 10 перфорации аэрационной трубы 4 расположена выше плоскости вращения мешалки нижнего яруса 6 на 1,1 - 1,5 ее диаметра, а верхняя граница 11 перфорации аэрационной трубы 4 расположена выше плоскости вращения мешалки верхнего яруса 7 не более чем на 0,5 диаметра мешалки 3. Плотность перфорации аэрационной трубы 4 вдоль геометрических образующих ее поверхности (фиг. 3) является однородной, а перфорация в сечениях перпендикулярных оси аэрационной трубы 4 (фиг. 4) выполнена неоднородной. Перфорированные участки аэрационной трубы 4 в ее поперечном сечении (Б-Б) представляют собой две равные дуги 12, каждая из которых опирается на центральный угол ( $\alpha$ ) равный  $(0,4 - 0,8) \pi$  радиан, развернутые в сторону перемешивающих устройств таким образом, что середина дуги лежит на линии, соединяющей точки пересечения оси аэрационной трубы 4 и осей перемешивающих устройств 3 с секущей плоскостью.

Автоклав работает следующим образом.

Пульпу исходного пирротинового материала с соотношением жидкой и твердой фаз  $Ж/Т = 1 - 2$  непрерывно подают в корпус 1 первой секции автоклава через загрузочный штуцер (на чертеже не показан), откуда она перетекает через разделительную перегородку 2 в смежную секцию. В каждой секции происходит перемешивание пульпы парой двухъярусных перемешивающих устройств 3 и принудительное ее аэрирование с помощью заглубленной в слой пульпы перфорированной трубы 4. Процесс вскрытия пирротиновых материалов осуществляют при температуре выше точки плавления элементной серы в присутствии поверхностно-активного вещества, например, - технических лигносульфонатов. Вскрытие пирротина ведут под избыточным давлением газа - окислителя, в частности - кислорода,

						КП-15.03.02.-23	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат			27





Пример 3 (опыт 8 таблицы) - предлагаемый автоклав Условия эксперимента, оборудование и способ подачи кислорода такие же, как и в примере 2.

Основным отличием явилось то, что в переработку поступал высокосернистый никель-пирротинный концентрат, полученный при обогащении жильных медно-никелевых руд Талнахского и Октябрьского месторождений АО "Норильский комбинат". Состав концентрата, %: никель - 2,29; медь - 1,23; кобальт - 0,102; железо - 51,2; сера - 31,4; породообразующие - 8,48; в т.ч.: SiO<sub>2</sub>- 4,58%; CaO - 1,21; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- 2,01; MgO - 1,04; пирротин - 73,6. Крупность концентрата - 84% класса минус 44 мкм. Кроме этого, отличие данного эксперимента от примера 2 заключалось также в том, что нижняя граница перфорации аэрационной трубы располагалась над плоскостью вращения мешалки нижнего яруса перемешивающего устройства на расстоянии, равном 1,3 ее диаметра, а верхняя граница перфорации аэрационной трубы находилась в одной плоскости с мешалкой верхнего яруса. В остальном конструкции автоклавов в примерах 2 и 3 были полностью идентичны.

В данном эксперименте степень разложения пирротина составила 94,5%, что значительно выше, чем при использовании автоклава-прототипа (оп.7), в котором при прочих равных условиях пирротин был вскрыт только на 85,7%. Степень полезного использования кислорода составила 84,1% (против 77,2% в прототипе), а расход ЛСТ был снижен с 12,0 (оп.7) до 11,0 кг/т ПК без видимых признаков агрегации элементной серы.

В таблице также приведены примеры, отличающиеся составом исходного пирротинного сырья и конструктивными особенностями стендового автоклава: величиной смещения аэрационных труб от осей симметрии перемешивающих устройств, расположением границ участка перфорации аэрационных труб относительно плоскостей вращения мешалок и геометрией распределения перфорации в плоскости поперечного сечения аэрационных труб.

Согласно полученным экспериментальным результатам (опыты 2°С 4, 8°С 10, 13 и 14), предлагаемый автоклав обеспечивает более высокие показатели переработки различных по составу пирротинных материалов, чем автоклав - прототип, оборудованный сложными и дорогими самовсасывающими перемешивающими устройствами. Расположение перфорированной части аэрационной трубы (диспергатора) непосредственно в вихревой зоне пульпы (опыты 2, 4, 8, 10, 13 и 14) позволяет добиться наилучших результатов вскрытия пирротинного сырья: глубины разложения пирротина - 92,9°С 97,1%, степени полезного использования кислорода - 82,1°С 84,7% при одновременном снижении расхода ЛСТ по сравнению с прототипом ≈ до 20% отн. без появления признаков гранулообразования.

Прямолинейность и ввод аэрационных труб между мешалками, а не под мешалки, как это принято в практике зарубежных предприятий, наряду с отмеченными выше технологическими преимуществами обеспечивает возможность быстрого демонтажа и монтажа диспергирующих устройств. Это увеличивает коэффициент машинного времени работы автоклавного

					КП-15.03.02.-23	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		30

агрегата и, соответственно, годовой объем переработки пирротинового сырья.

Предусмотренная в заявляемом автоклаве принудительная подача окислителя в слой пульпы с помощью аэрационных труб обеспечит упрощение конструкции и, соответственно, удешевление перемешивающих устройств, что в последнее время сделалось весьма актуальным в связи с резким удорожанием восстановительных ремонтов ПУ и быстрым износом их аэрирующих устройств.

Предлагаемая конструкция автоклава может быть легко и эффективно реализована на базе действующего автоклавного оборудования НМЗ АО "Норильский комбинат" без значительных капитальных затрат.

					КП-15.03.02.-23	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		31

## РАСЧЕТ АВТОКЛАВОВ

Автоклавы периодического действия бывают двух типов: вертикального и горизонтального. Горизонтальные автоклавы, в свою очередь, разделяются на два вида: статические, в которых не происходит вращения банок с консервами при стерилизации, и ротационные, в которых банки с консервами при стерилизации вращаются.

Вертикальные автоклавы бывают только статическими.

В качестве энергоносителей в автоклавах применяются вода и водяной пар. На перерабатывающих предприятиях чаще всего применяются вертикальные автоклавы марок Б6-КА2-В-2, Б6-КА2-В-4, Б6-КА2-В- 2МП.

Автоклавы горизонтального типа применяются реже, однако они являются весьма перспективным оборудованием. Объясняется это их достаточно высокими технико-технологическими показателями. Несмотря на некоторые трудности, связанные с загрузкой и выгрузкой консервов и несколько большей площадью, требующейся для их размещения, в этих автоклавах, по сравнению с вертикальными, обеспечивается практически однородное поле температуры на протяжении всего цикла стерилизации. В свою очередь, это позволяет в ряде случаев сократить длительность цикла стерилизации и осуществить заметную экономию энергоносителей, пара и воды. Кроме того, ротационные автоклавы дают возможность стерилизовать консервы в крупной таре с высоким качеством получаемой продукции, что недостижимо в статических автоклавах, а при стерилизации консервов в мелкой таре можно достигать существенного (иногда в 1,5...2,0 раза) сокращения длительности цикла стерилизации за счет улучшения проникновения теплоты в консервы при их вращении.

Вертикальные двух-корзинчатые и четырех-корзинчатые автоклавы предназначены для стерилизации консервов в водной и паровой среде под давлением до 350 кПа.

Автоклавы состоят из следующих основных частей: корпуса, крышки, поясного зажима, корзины, контрольно-регистрирующих и регулирующих приборов, арматуры для подключения к магистралям пара, воды, воздуха и спуска конденсата, предохранительных устройств, исключающих возможность подачи пара в автоклав при неполном закрытии крышки и поясного зажима и открывания крышки автоклава при наличии в нем избыточного давления более 4,9 кПа.

Сварной корте автоклавов АВ-2 и АВ-4 состоит из двух цилиндрических обечаек толщиной 6 мм и днища толщиной 8 мм. На корпусе предусмотрены патрубки с фланцами для подключения автоклава к магистралям пара, сжатого воздуха, воды и конденсата, а также штуцеров для подключения манометра, термометра и датчиков программного регулятора.

В низу корпуса расположены паровой барботер и сливной патрубков со стаканом-фильтром. Паровой барботер изготовлен в виде крестовины с отверстиями на боковой поверхности.

					КП-15.03.02.-23	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		32

Фланцы крышки и корпуса прижимаются друг к другу с помощью быстродействующего поясного зажима, состоящего из 15 секторных захватов, укрепленных на кольце из пружинной полосовой стали, и рычажной системы для стягивания и разведения поясного зажима. На крышке предусмотрены патрубок для подвода воды к барботеру, расположенному под крышкой автоклава, и штуцера для установки предохранительного клапана и пробко-спускного крана.

Крышка имеет уравнивающее устройство для облегчения ее открывания и закрывания. Для фиксации крышки в закрытом состоянии на корпусе укрепляется защелка.

Автоклавная корзина представляет собой перфорированную цилиндрическую обечайку, к отбортованной нижней части которой приварено перфорированное дно. Верхняя часть обечайки жесточена кольцом, к внутренней стороне приварены вертикальные полосы, в которых шарнирно установлена подвеска. С наружной стороны обечайки установлены пружинные фиксаторы, служащие для обеспечения гарантированного кольцевого зазора между корпусом и корзиной.

Автоклавы марок Б6-КАВ-2 и Б6-КАВ-4 имеют аналогичное устройство. Кроме того, у них внутри установлено распределительное устройство, состоящее из перфорированного кольцевого барботера и приваренных к нему вертикальных труб. Распределительное устройство соединяется с патрубком подвода пара. Вертикальные трубы располагаются по окружности с некоторым радиальным зазором относительно корпуса и приварены через промежуточные ребра к обечайке. На автоклаве расположены два предохранительных клапана с рычагами для продувки. Блокировка, исключающая подачу пара, сжатого воздуха и воды в автоклав при не полностью закрытых крышке и поясным затворе, осуществляется мембранно-исполнительными механизмами (МИМ), установленными на линиях подачи пара, сжатого воздуха и воды.

Автоклавы должны устанавливаться на бетонном основании в канале (шахте).

В автоклавах марок АВ-2 и АВ-4 энергоносители (водяной насыщенный пар, вода и воздух) должны подаваться под давлением 250.. 400 кПа, к автоклавам марок Б6-КАВ-2 и Б6-КАВ-4 - 360.. 420 кПа.

Пример расчета

Расчетное давление автоклава  $P_p = 4 \cdot 10^5$  Па.

Максимальная температура  $t = 120^\circ\text{C}$ .

Внутренний диаметр корпуса  $D_B = 1$  м.

Материал обечайки СтЗ. (Предел прочности на растяжение  $\sigma_B = 380$  МПа, предел текучести  $\sigma_T = 220$  МПа).

Рекомендуемый запас прочности  $n_B = 3,5$ .

Расчет на прочность корпуса автоклава

Корпус автоклава представляет собой цилиндрическую обечайку с

					КП-15.03.02.-23	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		33







### Список используемой литературы.

1. Боженов П.И «Технология автоклавных материалов» - Санкт-Петербург: Стройиздат., 1978 – 368 с.
2. Вахнин М.П, Анищенко А.А «Производство силикатного кирпича» - М.: Высшая школа, 1989 – 200 с.
3. Мухина Т.Г «Производство силикатного кирпича», М.: Высшая школа, 1967 – 179 с.
4. Роговой М.И, Кондранов М.Н, Сагоновский М.Н «Расчёт и задачи по теплотехническому оборудованию предприятий промышленности строительных материалов», - М.: Стройиздат, 1975 – 320 с.
5. ГОСТ 10037-83 «Автоклавы для строительной индустрии». Технические условия» - М.: Издательство стандартов, 1983 – 20 с.

					КП-15.03.02.-23	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		36