

ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОКЛАВОВ И ВЫБОР КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ АВТОКЛАВНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

PROBLEMS OF EXPLOITATION OF AUTOCLAVES AND SELECTION OF CONSTRUCTION MATERIALS FOR EQUIPMENT AUTOCLAVE MANUFACTURING

А.Г. КАРПОВ

Н.Н. ШУБЕНКИНА

А. ШНАЙДЕР

A.G. KARPOV

N.N. SHUBENKINA

A. SCHNEIDER

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

KEYWORDS:

ООО «ЕвроАрт», Заместитель директора

ООО «ЕвроАрт», Заместитель директора

по техническим вопросам

«Cera System», Менеджер по работе с Россией и странами СНГ

LLC «EvroArm», Deputy Director

LLC «EvroArm», Deputy Director

«Cera System», Account Manager Russia and CIS countries

автоклав, выщелачивание, температура, давление, сталь, титан, керамика, способы защиты оборудования

autoclave, leaching, temperature, pressure, steel, titanium, ceramics, methods of protection equipment

Чебоксары

evro-arm@mail.ru

Cheboksary

В статье, на примере процесса выщелачивания цветных и драгоценных металлов, рассмотрены проблемы, возникающие при автоклавном производстве. Показано, что для надежности и эффективности производства, важны не только конструктивные решения выбранного оборудования, но и материалы, применяемые при изготовлении этого оборудования.

Кроме этого в данной статье даны рекомендации по увеличению сроков службы оборудования, используемого в обвязке автоклавов.

In this paper, the example of the leaching process of non-ferrous and precious metals, the problems arising from the autoclave manufacture.

It is shown that the reliability and efficiency of production are important not only design solutions selected equipment, but also materials used in the manufacture of this equipment.

In addition, this article provides recommendations for increasing the service life of equipment used in the binding for autoclave.

Одним из частоприменяемых в химии, нефтехимии, металлургии и даже в быту аппаратом является автоклав. Автоклав служит для проведения различных процессов при повышенных температурах, под давлением выше атмосферного. В этих условиях достигается ускорение реакции и увеличение выхода продукта. Простейшим примером служит скороварка.

Автоклавы, используемые для проведения химических реакций, называются химическими реакторами.

Наиболее широко автоклавы применяются в:

- химической промышленности (производство гербицидов, органических

полупродуктов и красителей, в процессах синтеза);

- в гидрометаллургии (выщелачивание с последующим восстановлением из растворов цветных и драгоценных металлов, редких элементов);
- в резиновой промышленности (вулканизация технических изделий);
- в пищевой промышленности (стерилизация, пастеризация продуктов [в том числе консервов]);
- в промышленности строительных материалов.
- в медицине.
- при создании изделий из карбонового волокна, для придания им твердости.

В этой статье мы рассмотрим лишь

небольшую часть из всего разнообразия автоклавных производств – процесс выщелачивания. Это связано с тем, что в нашей стране достаточно много металлургических производств, занимающихся обогащением различных металлов.

ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ – это извлечение одного или нескольких компонентов из твердых тел (руд, концентратов, промежуточных продуктов, иногда отходов производства) водным раствором, содержащим щелочь, кислоту или др. реагент, а также с использованием определенных видов бактерий; частный случай экстрагирования из твердой фазы. Обычно выщелачивание сопровождается хим. реакцией, в результате которой извлекаемый компонент переходит из формы, не растворимой в воде, в растворимую. Существуют автоклавы с нагревом пульпы острым или глухим паром. Для перемешивания пульпы в автоклаве применяются механические мешалки.

Технология выщелачивания применяется при производстве цветных (Al, Au, Cd, Cu, In, Tl и др.) и редких (Be, Li, Mo, Nb, Re, W, Ta, U и др.) металлов, при получении таких элементов, как В, Ge, Se, Te. Для извлечения Ag, Au, Cu, U применяются кучное выщелачивание, подземеное – для U, Cu, Ag, Co, Fe, Ni и др., бактериальное – для Cu и U; последний способ перспективен для переработки силикатных руд, содержащих Al, As, Mn, Ni и др. металлы.

Автоклавы для выщелачивания обычно работают при температуре 200-300 °С, давления могут достигать 80 МПа.

Цикл процесса выщелачивания в автоклаве складывается из ряда последовательных операций:

- а) загрузки руды и щелочи (или пульпы),
- б) подъема давления в автоклаве до

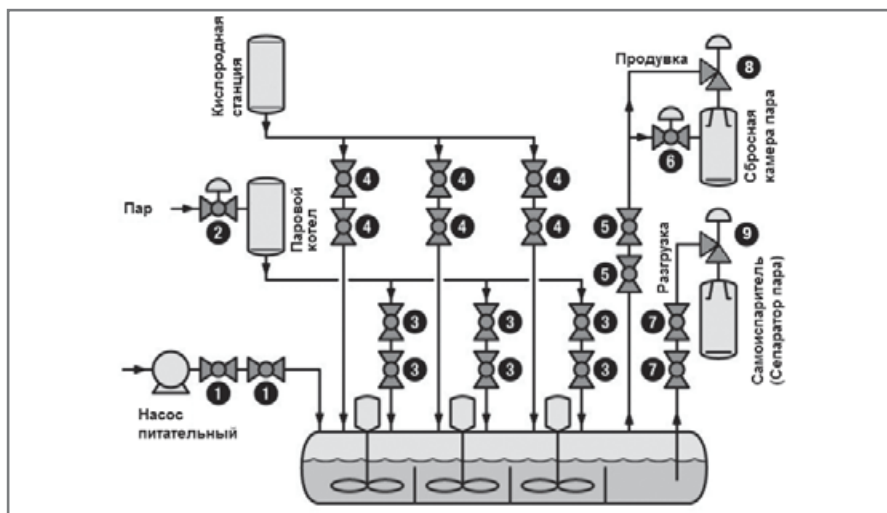


Рис. 1. Схема автоклавного производства, где:

- 1 – шламовый запорный клапан после питательного насоса.
- 2 – регулирующего клапана подачи пара.
- 3 – запорный клапан подачи пара.
- 4 – запорный клапан подачи кислорода.
- 5 – дренажный клапан.
- 6 – сбросной клапан (регулятор давления перед собой).
- 7 – выпускной вентиль пульпы.
- 8 – регулирующий клапан давления пара в автоклаве.
- 9 – регулирующий клапан подачи пульпы в самоиспаритель

- максимального,
 в) выщелачивания при максимальном давлении,
 г) разгрузки автоклава (выдавливание пульпы).

Современная автоклавная батарея представляет собой автоматизированную установку непрерывного действия и состоит из следующих аппаратов, работающих в последовательной цепи (рис. 1):

- насоса для нагнетания в систему пульпы, поступающей из шаровых мельниц;
- подогревателей для пульпы;
- батареи соединенных последовательно автоклавов;
- системы сепараторов (самоиспарителей) для отделения пара от выгружаемой автоклавной пульпы и мешалки для пульпы.

Управление технологическим режимом такой батареи требует автоматического дистанционного поддержания заданных давления в батарее, температуры выщелачивания, уровня пульпы в сепараторах. Регистрируются и контролируются также расход, давление и температура греющего пара, давление в сепараторах, температура нагрева пульпы, щелочность конденсата и некоторые другие показатели.

Температура выщелачивания регулируется изменением расхода пара, давление – изменением гидравлического сопротивления батареи с помощью регулирующего вентиля, установленного на выходе в сепаратор. Для регулирования уровня пульпы в сепараторах служат регулирующие вентили, установленные на входе в сепаратор следующей ступени.

Для каждого технологического процесса с учетом конкретных условий устанавливаются нормативы по следующим основным показателям работы автоклавных батарей: температура выщелачивания, извлечение оксида получаемого металла при выщелачивании, удельный расход пара, концентрация и каустический модуль автоклавной (вареной) и разбавленной пульпы.

Исключительно большое влияние на процесс оказывает величина давления (температуры) внутри автоклава, при котором

идет процесс выщелачивания сульфидов и оксидов. При прочих равных условиях с повышением давления (температуры) внутри автоклава извлечение сульфидов и оксидов металлов возрастает, а время продолжительности процесса выщелачивания значительно сокращается. Другими словами, одна и та же степень извлечения сульфидов и оксидов металлов из руды при повышении давления (температуры) может быть достигнута за более короткий промежуток времени.

Так, согласно результатам экспериментальных работ советских и венгерских специалистов, продолжительность выщелачивания северо-уральских бокситов под давлением около 30 атм. (225°C) составляет примерно 2 ч., а под давлением 80-100 атм. (260-300°C) и более продолжительность выщелачивания сокращается в 30-40 раз!!! при теоретически возможном извлечении глинозема из боксита. В таблице 1 приведены данные о влиянии параметров процесса выщелачивания бокситов на длительность процесса.

Выщелачивание при температуре выше 280°C принято называть высокотемпературным. Автоклавное высокотемпературное выщелачивание не нашло распространения из-за дороговизны автоклавов, работающих при давлении 60-100 атм. Хотя как видно из таблицы 1, при высокотемпературном выщелачивании производительность возрастает в 12-60 раз!!! А сама установка для выщелачивания получается очень компактной и высокопроизводительной.

Применение на практике столь высоких давлений (температур) при выщелачивании требуют решения ряда таких задач, как выбор материала для автоклавов и другого оборудования в обвязке автоклавов.

Операции выгрузки пульпы из автоклава складывается из двух операций, осуществляемых одновременно, а именно:

- 1) перемещение пульпы из автоклава, находящегося под высоким давлением, в аппаратуру, находящуюся под атмосферным давлением;
- 2) охлаждение пульпы до температуры,

отвечающей атмосферному давлению.

И то, и другое достигается при разгрузке автоклава в самоиспаритель.

Самоиспаритель представляет собой сосуд высокого давления, в который пульпа поступает по загрузочной трубе через специальный автоматический регулирующий клапан, изготовленный из абразивностойких материалов. В самоиспарителе поддерживается давление ниже давления пульпы на его входе. Выходя из регулятора с большой скоростью в пространство с давлением, ниже давления кипения (например, давление изменяется с 25 до 3 атм.), раствор пульпы вскипает и частично разбрызгивается. В результате этого происходит сильное пароотделение. Вследствие чего пульпа охлаждается за счет тепловой энергии, расходуемой на парообразование в самоиспарителе.

Энергичное вскипание автоклавной пульпы (один объем пульпы, перегретой до температуры 200°, выделяет при самоиспарении до 100 объемов пара!!!) приводит к значительному увеличению скорости потока. Если скорость подачи пульпы в автоклав составляет 1,2-2,4 м/с, что нормально для стальных трубопроводов и арматуры, то на входе в самоиспаритель скорость смеси пульпы с паром может достигать 100 м/с и более.

При таких скоростях потока разрушение оборудования (арматуры, трубопроводов, днища сепаратора) может достигать

Вид бокситов	Na ₂ O _{cu} (г/л)	T, °C	α _{cu}	Время, мин.
Гиббситовый	180-220	95-105	1,7	60-120
	100-150	140-150	1,5-1,6	20-40
Диаспоровый	280-300	230-240	3,4-3,6	60-120
	180-200	245-260		20-40
	115-140	280-315		2-5

Таб. 1. Зависимость длительности выщелачивания бокситов от рабочих условий, где α_{cu} – каустический модуль.

Материал	Неокислительные или восстановительные среды				Жидкости				Газы			
	Растворы кислот исключая хлористо-водородную, фосфорную, серную	Нейтральные растворы, напр., неокисляемые растворы солей, хлориды, сульфаты	Алкалиновые растворы		Окислительные среды				Галогены и деривативы			
			Каустик и умеренные щелочи исключая едкий аммиак	Едкий аммиак и амины	Растворы кислот, например, азотная	Нейтральные или алкалоидные растворы, например, персульфат, перекись, хромат	Коррозионные растворы, например, хлорное железо и т.п.	Влажные галогены	Сухие галогены	Влажные галогенные кислоты	Сухие водородные галогиды, <°C	
316 нерж. сталь	4	5	5	6	5	6	1	0	3	2	4<220 3<400	
Hastelloy C 276	5	6	5	6	4	6	5	5	4	4	4<400 3<480	
Hastelloy B2	6	5	4	4	0	3	0	1	3	5	4<400 3<480	
Inconel 600	3	6	6	6	3	6	1	2	5	3	5<220 4<400	
Monel 400	5	6	6	1	0	5	1	2	6	3	6<220 3<400 2<480	
Никель 200	4	5	6	1	0	5	0	2	6	2	6<220 5<400 4<480	
Титан	3	6	2	6	6	6	6	6	0	1	0	
Цирконий	3	6	2	6	6	6	2	6	1	6	0	

Таб. 2. Применяемость различных материалов в изготовлении автоклавов, где 0 – Не подходит. 1 – Подходит в малой степени. 2 – Подходит в большинстве случаев. 3 – Результат близок к хорошему. 4 – Хороший результат. 5 – Очень хороший результат. 6 – Наилучший результат.



Рис.2. Износ титанового шара.



Рис.3. Износ титанового шара с покрытием.

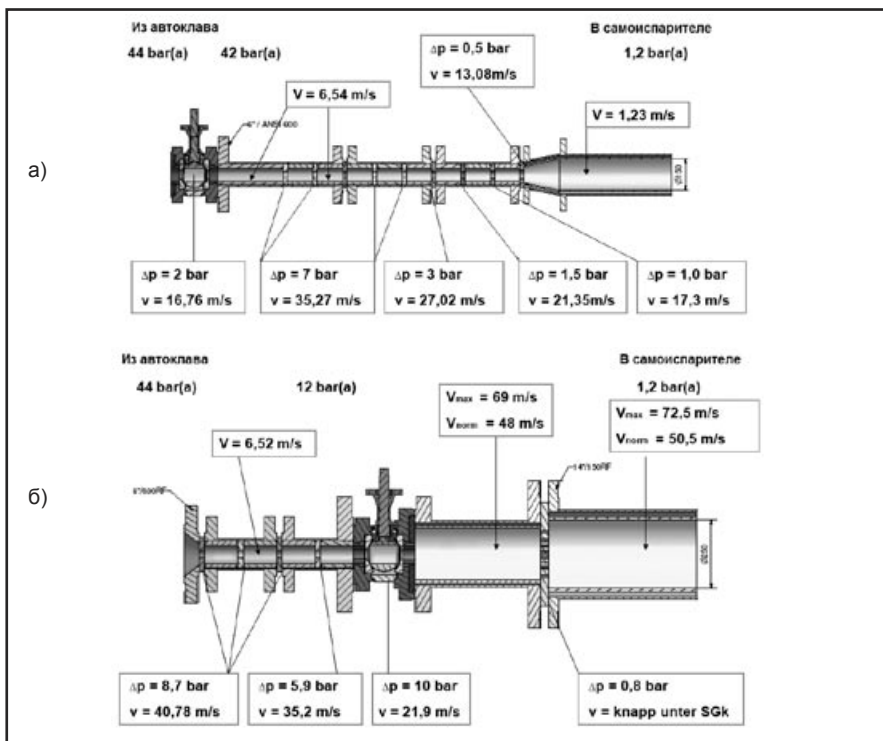


Рис.4. Система дросселирования потока пульпы: а) после самоиспарителя (без перехода фаз), б) на выходе из автоклава (с переходом фаз: Ж → Г).

катастрофических величины в короткие промежутки времени. Для уменьшения последствий разрушающего воздействия необходимо применение материалов, способных выдерживать подобные нагрузки.

Для защиты от разрушающего действия струй пульпы, в сепараторе имеется отбойное броневое устройство. Защитить же рабочие органы клапана, регулирующего подачу пульпы на входе в сепаратор, не представляется возможным. Поэтому увеличить срок службы клапана можно только за счет использования материалов, стойких к воздействию щелочной среды, а так же, способных работать в условиях дробеструйного износа.

Позвольте остановиться на этом моменте более подробно.

Наиболее распространенным материалом, контактирующим с продуктом, является нержавеющая сталь марки 316. Возможно изготовление рабочих элементов автоклава из следующих материалов: нержавеющая сталь марки 316L, титан, цирконий, никель, углеродная сталь, Hastelloy В/С, Monel, Inconel.

Обычно изготовитель дает рекомендации по выбору материалов для конкретных химических сред, однако, это не гарантирует 100% высокой их устойчивости к коррозии, кроме того, величина коррозии зависит и от

параметров протекающих реакций, таких как температура, давление, концентрация и т.п.

В таблице 2 приведена применимость различных материалов для изготовления автоклавов для работы с различными средами.

Однако следует помнить, что помимо агрессивного воздействия пульпы, все задействованное оборудование испытывает абразивное воздействие среды.

По неофициальным данным, стойкость сталей с твердосплавными наплавками (например, карбид вольфрама) и титановых сплавов с покрытием TiO₂ выдерживают при данных условиях эксплуатации от нескольких часов до 3 (трех) месяцев!!! в следствие отслоения покрытия TiO₂ по краям и коррозии основного материала.

Столь низкая работоспособность оборудования из этих материалов затрудняет их применение в циклическом процессе, поскольку должно обеспечивать надежность и безопасность работы, а значит, их стойкость должна соответствовать или превышать время продолжительности хотя бы одного рабочего цикла. В случае непрерывного производственного процесса применение данных материалов становится чрезвычайно опасным! Кроме того, останов и запуск процесса из-за поломки одного клапана влечет за собой колоссальные

потери энергии на разогрев установки, а размер упущенной прибыли из-за невыпуска продукции значителен.

Как мы уже писали в двух предыдущих статьях [1, 2], подтверждая свои слова сравнительными таблицами технических параметров, наиболее стойким здесь будет правильно подобранная керамика. Конечно, просто применение оборудования (арматуры, труб, самого автоклава и отбойного устройства в самоиспарителе), футерованной керамикой, на линии выгрузки пульпы из автоклава недостаточно. Требуется применение системы дросселирования, которая будет сдерживать рост скорости и тем самым продлит срок службы всего оборудования до двух и более лет.

Итак, возникает вопрос – сколько Вы готовы заплатить за оборудование, которое позволит вам зарабатывать, а не терять? ■

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. А.Г. Карпов, А. Шнайдер, В защиту керамики, как материала для трубопроводной арматуры, Экспозиция Нефть Газ, №6, 2011г.
2. А.Г. Карпов, Титан или керамика, Экспозиция Нефть Газ, №1, 2012г.



428022, Россия, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. Декабристов, д. 33-А, оф. 311
 тел./факс (8352) 63-00-24 , тел. (8352) 23-03-41; e-mail: evro-arm@mail.ru ; http://www.evro-arm.ru/

ООО «ЕвроАрм» консультирует по подбору, применению предлагаемой арматуры для различных условий эксплуатации, разрабатывает нестандартные решения для сложных мест установки и тяжелых условий эксплуатации арматуры (сильноагрессивные, абразивные, чистые среды, высокие температуры и давление) и осуществляет комплексные поставки.

Компания является официальным представителем производителей запорной, регулирующей, предохранительной, дозирующей арматуры для химии, нефтепереработки, энергетики и других отраслей: CERA SYSTEM, LESER (Германия), ABO Valve, LDM (Чехия).