

**ГИДРОДИНАМИКА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ЖИДКОСТЕЙ В БАРБОТАЖНЫХ
ЭКСТРАКТОРАХ**

Хурсанова Бойкузи Журакузиевич
Ферганский политехнический институт, Фергана, Узбекистан
E-mail: b.xursanov@ferpi.uz

Аннотация

В статье исследована жидкостная экстракция ценных и редких металлов из отвалов горно-металлургических комбинатов в экстракторе с увеличенным временем контакта. Дана конструкция, принцип работы барботажного экстрактора с увеличенным временем контакта на основе пневмоперемешивания. Изучены гидродинамических параметры непрерывного извлечения без потерь ценным металлов в аппарате.

Ключевые слова: многоступенчатый барботажный экстрактор, эффективность процесса массообмена, жидкостная экстракция, редкие металлы, увеличенное время контакта, расход энергии, барботаж, непрерывный режим, удельные затраты энергии.

Введение

При извлечении тяжелых, редких, рассеянных и благородных металлов методами гидрометаллургии, основополагающими критериями выбора типа экстракционного аппарата являются небольшие удельные затраты энергии для осуществления процесса экстракции, а также обеспечение им требуемого для проведения процесса времени контакта реагирующих жидкостей [1].

Методы

Этим требованиям в полной мере отвечают жидкостные экстракторы с пневмоперемешиванием или барботажные экстракторы. С точки зрения затрат удельной энергии на осуществление процесса экстракции, подобные аппараты расходуют до 3,5 – 4,0 меньше электрической энергии по сравнению с экстракторами, в которых перемешивание жидкостей осуществляется с помощью различных мешалок [2,3].

Второму условию обеспечения достаточно длительного времени контакта реагирующих жидкостей для наиболее полного извлечения целевого компонента, с нашей точки зрения, полностью отвечает разработанная нами конструкция многоступенчатого барботажного экстрактора с увеличенным временем контакта фаз [4-9].

Устройство и принцип работы многоступенчатого барботажного экстрактора представлен на рис. 1.

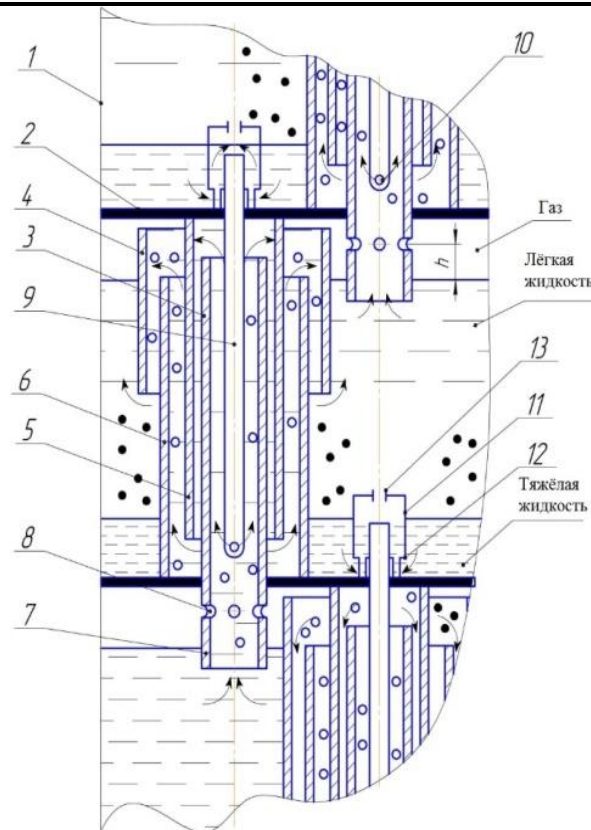


Рис.1. Многоступенчатый барботажный экстрактор

Многоступенчатый барботажный экстрактор включает вертикальный корпус 1, разделенный перегородками 2 на отдельные секции-отстойники. На перегородках между внутренним 3 и наружным 4 патрубками смесительного устройства расположены дополнительные внутренний (нечетный) 5 и наружный (четный) 6 концентрические патрубки. Внутренний патрубок 5 закреплён в полотне верхней перегородки секции-отстойника и расположен с зазором к нижней перегородке секции-отстойника. Наружный патрубок 6 закреплён в полотне нижней перегородки секции-отстойника и расположен с зазором к верхней перегородке секции-отстойника [10-14]. В нижней части внутреннего патрубка 3 смесительного устройства расположен газораспределительный насадок 7 с отверстиями 8 в боковой стенке. В полотне перегородки 2 крепятся также переточные трубки 9 для тяжёлой жидкости, которые в нижних заглушенных концах имеют отверстия 10. Верхний срез переточных трубок 9 поднят над перегородкой 2 и перекрыт колпачками 11 с прорезями 12 в нижней части и отверстиями 13 в верхних крышках.

Работает экстрактор следующим образом.

Лёгкая жидкость через нижний срез газораспределительного насадка 7 поступает во внутрь патрубка 3. Туда же через отверстия 10 переточных трубок 9 из отстойной части вышележащей секции-отстойника поступает тяжёлая жидкость. При совместном движении смеси жидкостей снизу вверх внутри патрубка 3, далее сверху вниз между патрубками 3 и 5, затем снизу вверх между патрубками 5 и 6, наконец, сверху вниз между патрубками 4 и 6, жидкости интенсивно перемешиваются барботирующим инертным газом, который поступает в патрубок 3 через отверстия 8 газораспределительных насадков

7. В верхней части пространства между патрубками 5 и 6 пузырьки газа отделяются от смеси жидкостей и газ выходит в зазор между верхней перегородкой секции-отстойника и верхним срезом патрубка 4, откуда поступает в смесительные устройства вышележащей секции-отстойника. Смесь жидкостей выходит между патрубками 4 и 6 в отстойную часть секции-отстойника, где капли тяжелой жидкости оседают в сплошной слой, границу которого определяет высота поднятия переточных трубок 9 над перегородкой 2, которая делит корпус экстрактора 1 на отдельные секции-отстойники [14-16].

Перекрытие верхних срезов переточных трубок 9 колпачками 11 с прорезями 12 в нижней части гарантирует попадание в трубки 9 только полностью отстоявшейся тяжелой жидкости. Отверстия 13 служат для выхода воздуха из колпачков 11 при заполнении экстрактора жидкостями перед пуском.

Устанавливая между патрубками 3 и 4 любое, четное число дополнительных концентрических трубок, каждый нечетный из которых, начиная с самого внутреннего, устанавливается с зазором к нижней перегородке секции, а каждый четный – с зазором к верхней перегородке секции, можно обеспечить любое необходимое время контакта реагирующих жидкостей.

Нормальная работа экстрактора будет обеспечена в том случае, когда кольцевые каналы между патрубками 3 и 5, а также 4 и 6 будут иметь такое поперечное сечение, при котором скорость движения смеси жидкостей там будет больше скорости всплытия газовых пузырей в смеси жидкостей.

Полученные результаты

Эксперименты по установлению основных гидродинамических показателей аппарата, а также эффективности процессов массообмена, были проведены нами на лабораторной установке, схема которой представлена на рис. 2.

Зоны смешения экстрактора моделируют стеклянные обечайки 4, 14 и 15, сквозь которые можно визуально наблюдать протекающие в них процессы (дробление капель дисперсной фазы, поведение пузырей воздуха на перемешивание и др. Легкая фаза, расход которой регулируется ротаметром 7 и вентилем 6 подается в аппарат из ёмкости ЛФ с помощью насоса 2, а тяжелая фаза, расход которого регулируется ротаметром 15 и вентилем 13, поступает из ёмкости ТФ через отверстия в нижнем конце трубки 10. При совместном движении фаз снизу вверх внутри обечайки 4, сверху вниз внутри обечайки 14 и снизу вверх внутри обечайки 15, жидкости интенсивно перемешиваются подаваемым от воздуходувки 28 инертным газом, расход которого регулируется ротаметром 9 и вентилем 8. Смесь жидкостей после аппарата собирается в ёмкости ТФ. Смесь жидкостей разделяется на легкую и тяжелую фазы в ёмкости 31, в которой также отделяется от жидкостей инертный газ, который выводится из установки через патрубок 16.

Для определения истинных размеров капель дисперсной фазы и пузырей газа используется фотоаппарат 22, а уровень расслаивающихся в ёмкости 31 жидкостей контролируется с помощью уровнемера 17 для регулирования стока тяжелой жидкости в ёмкость 30 вентилем 29.

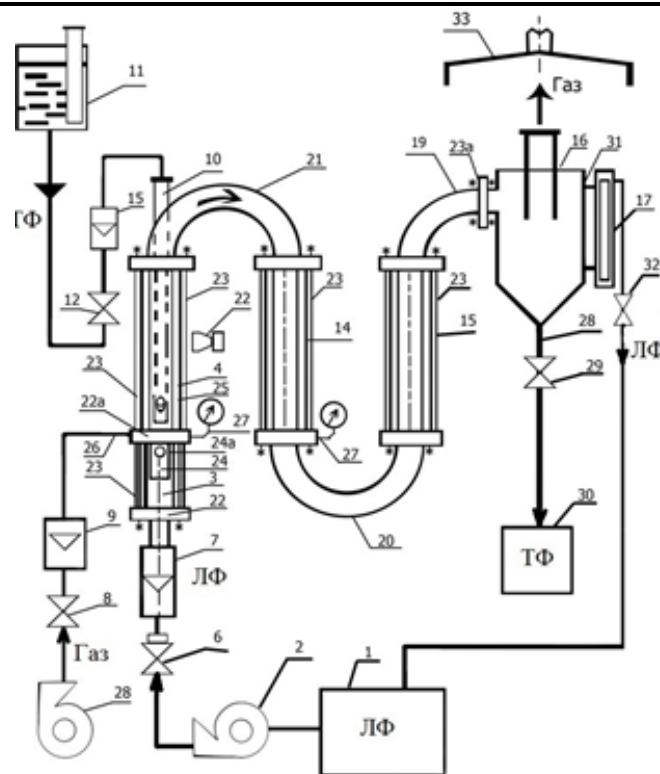


Рис.2. Схема установки

На данной установке были осуществлены эксперименты по определению многих гидродинамических показателей многоступенчатого барботажного экстрактора.

Скорость истечения тяжелой жидкости в смесь жидкостей и газа через отверстия трубки можно рассчитать по следующему уравнению [5]:

$$\omega_T = \sqrt{\frac{2g^2 \cdot h[\rho_T - \rho_{см}(1 - \varphi)]}{\xi}}, \quad (1)$$

где $\rho_{см}$ - плотность смеси легкой и тяжелой жидкостей, кг/м^3 ;

φ - объемное газосодержание;

ρ_T - плотность тяжелой жидкости, кг/м^3 ;

ξ - коэффициент сопротивления отверстия в трубке 10.

Поскольку для конкретной жидкостной системы все величины, входящие в (1), будут постоянными, кроме φ , то производительность экстрактора по тяжёлой жидкости зависит именно от газосодержания φ .

При проточном движении жидкости и инертного газа объемное газосодержание определяется по зависимости [6]:

$$\varphi_{\text{пар}} = (1 - 0,04\omega_{ж}) \cdot \varphi^1, \quad (2)$$

а при противоточном движении жидкости и инертного газа объемное газосодержание можно определить по зависимости:

$$\omega_{\text{Г против}} = (1 + 0,04\omega_{ж}) \cdot \varphi^1, \quad (3)$$

где $\omega_{ж}$ – приведенная скорость жидкости, м/с;

φ^1 – газосодержание в неподвижной жидкости.

Для расчета φ^1 предложено эмпирическое уравнение:

$$\varphi^1 = 2,47 \cdot \omega_r^{0,97}, \quad (4)$$

где ω_r – приведенная скорость газа в зоне смешения, м/с.

Выводы

Перемешивание несмешивающихся жидкостей проводилось в зоне смешения типа зиг-заг. Это позволяет увеличить время интенсивного перемешивания и повысить эффективность процесса экстракции. Объемные параметры газа в зоне смешения экстрактора φ , важны для проектирования аппарата, поэтому, размеры зон аппарата определяется в зависимости от них. В результате проведенных научных исследований выведены уравнения для определения газосодержания и скорости в зоне смешения в новом созданном аппарате.

Использованная литература

1. Алиматов, Б. А. (2003). Развитие научно-технических основ конструирования жидкостных экстракторов с пневмоперемешиванием: дис.... д-ра техн. наук. Автореф. дисс... д. т. н. Ташкент, ТГТУ.
2. Садуллаев, Х. М., Матбабаев, Д. М., Алиматов, Б. А., & Хурсанов, Б. Ж. (2003). К затратам энергии на пневмоперемешивание жидкостей в экстракционной установке с барботажным экстрактором. НТЖ ФерПИ, Scientific-technical journal (STJ FerPI), (4), 85-88.
3. Алиматов, Б. А., Конев, А. А., & Файзиматов, У. Б. (2011). Затраты энергии при пневматическом и механическом перемешивании несмешивающихся жидкостей. Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова, (3), 111-112.
4. Алиматов, Б. (2014). Многоступенчатый барботажный экстрактор.
5. Алиматов, Б. А., Соколов, В. Н., & Хурсанов, Б. Ж. (2001). Влияние газосодержания на производительность барботажного экстрактора по тяжелой жидкости. НТЖ ФерПИ, Scientific-technical journal (STJ FerPI), 2, 93-94.
6. Шендеров, Л. З., & Дильман, В. В. (1988). Движение газа в барботажных реакторах. Теоретические основы химической технологии, 4, 496-510.
7. Mamarizayev, I., & Abdunazarov, A. (2022). Multi-stage bubble extractor with increased contact time. Евразийский журнал академических исследований, 2(7), 112-116.
8. Хурсанов, Б. Ж., & Алиматов, Б. А. (2020). Экстракционное извлечение редких металлов из отвалов ГОК. Universum: технические науки, (6-1 (75)), 42-45.
9. Khursanov, B. J. (2022). Extraction of rare metals from mining dumps in bubbling extractors. American Journal Of Applied Science And Technology, 2(05), 35-39.
10. Хурсанов, Б. Ж., & Алиматов, Б. А. (2022). Исследование Взаимного Уноса Фаз В Барботажном Экстракторе С Увеличенным Временем Контакта. Central Asian Journal of Theoretical and Applied Science, 3(5), 28-33.
11. Xursanov, B., & Akbarov, O. (2021). Calculation of gas volume in the mixing zones of extended contact time barbota extractor. Scientific progress, 2(7), 685-688.

12. Алиматов, Б. А., Соколов, В. Н., Салимов, З. С., & Хурсанов, Б. Ж. (2003). Исследование распределения капель по размерам в многоступенчатом барботажном экстракторе. Журнал прикладной химии, 76(8), 1309-1311.
13. Karimov, I., Boykuzi, K., & Madaliyev, A. (2021). Volume-Surface Diameters of Drops in Barbotaj Extractor. International Journal of Innovative Analyses and Emerging Technology, 1(5), 94-99.
14. Алиматов, Б. А., & Хурсанов, Б. Ж. (1998). Расчет величины устойчивой зоны барботажного экстрактора. Науч. техн. журн. Ферг. политехн. ин-та. Фергана, 1(2), 86-89.
15. Alimatov, B., & Khursanov, B. (2020). Analysis of droplets size distribution and interfacial surface during pneumatic mixing. Asian Journal of Multidimensional Research (AJMR), 9(6), 165-171.
16. Khursanov, B. J. (2023). An innovative approach to the design of technical and technological processes of agricultural products production and increasing the technical level. European Journal of Emerging Technology and Discoveries, 1(2), 93-100.