

РАЗРАБОТКА РЕСУРСО- СБЕРЕГАЮЩЕГО МЕТОДА ВЫДЕЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКО- ТЕМПЕРАТУРНЫХ ГАЗОЖИДКОСТНЫХ СТРУЙ

Изложены теоретические основы гидро- и газодинамики исследуемых микрогетерогенных систем при взаимодействии газожидкостных струй реагирующих компонентов, предложены решения теоретических задач по определению параметров тепло-массообмена в исследуемых системах, установлены зависимости характеристик высокотемпературных газо-капельных струй от технологических особенностей основных процессов

А.М. Касимов

Доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией

Лаборатория систем и методов управления промышленными отходами и выбросами в атмосферу*

А.В. Поваляева

Аспирант*

А.А. Ковалёв

Аспирант*

УкрНИИЭП

ул. Бакулина, д.6, г. Харьков, Украина

тел. 8-057-702-07-37

Email: ecolab25@niiep.kharkov.ua, al_kuh@rambler.ru

Соединения редких и тяжелых металлов (РТМ) играют большую роль в научно-техническом прогрессе всех индустриально развитых стран. Эти металлы и их сплавы используются в атомной, космической и ракетной технике, применяются в черной металлургии при легировании сталей, в цветной металлургии, химической промышленности и др. отраслях народного хозяйства. С другой стороны эти соединения токсичны и их присутствие в сточных водах, поступающих

в окружающую природную среду (ОПС) приводит к отрицательным последствиям.

Неуклонный рост потребления РТМ требует обеспечение роста их производства не только за счет увеличения объемов переработки сырьевых материалов, но и путем повышения степени их извлечения из первичного и вторичного сырья. Для решения данной задачи с учетом проблем охраны ОПС и здоровья населения, необходимо разработать технологические

схемы и способы, позволяющие значительно повысить степень извлечения ТРМ и существенно сократить объем поступления токсичных соединений в ОПС.

Молекулярно-кинетическая теория Косселя-Странского-Каишева описывает "блоковый" механизм образования в растворах зародышей кристаллов за счет слияния квазикристаллических частиц. Одно- и двумерные "блоки" ионов срастаются в трехмерные.

Частица критического размера, находящаяся в кинетическом равновесии с раствором, растет далее за счет молекулярной диффузии [1-4].

В равновесных жидкостных системах, согласно теории флуктуаций Фольмера, в результате термодинамических флуктуаций создается повышенная концентрация вещества в отдельных микроразонах. В микрогетерогенной системе с растущими кристалла

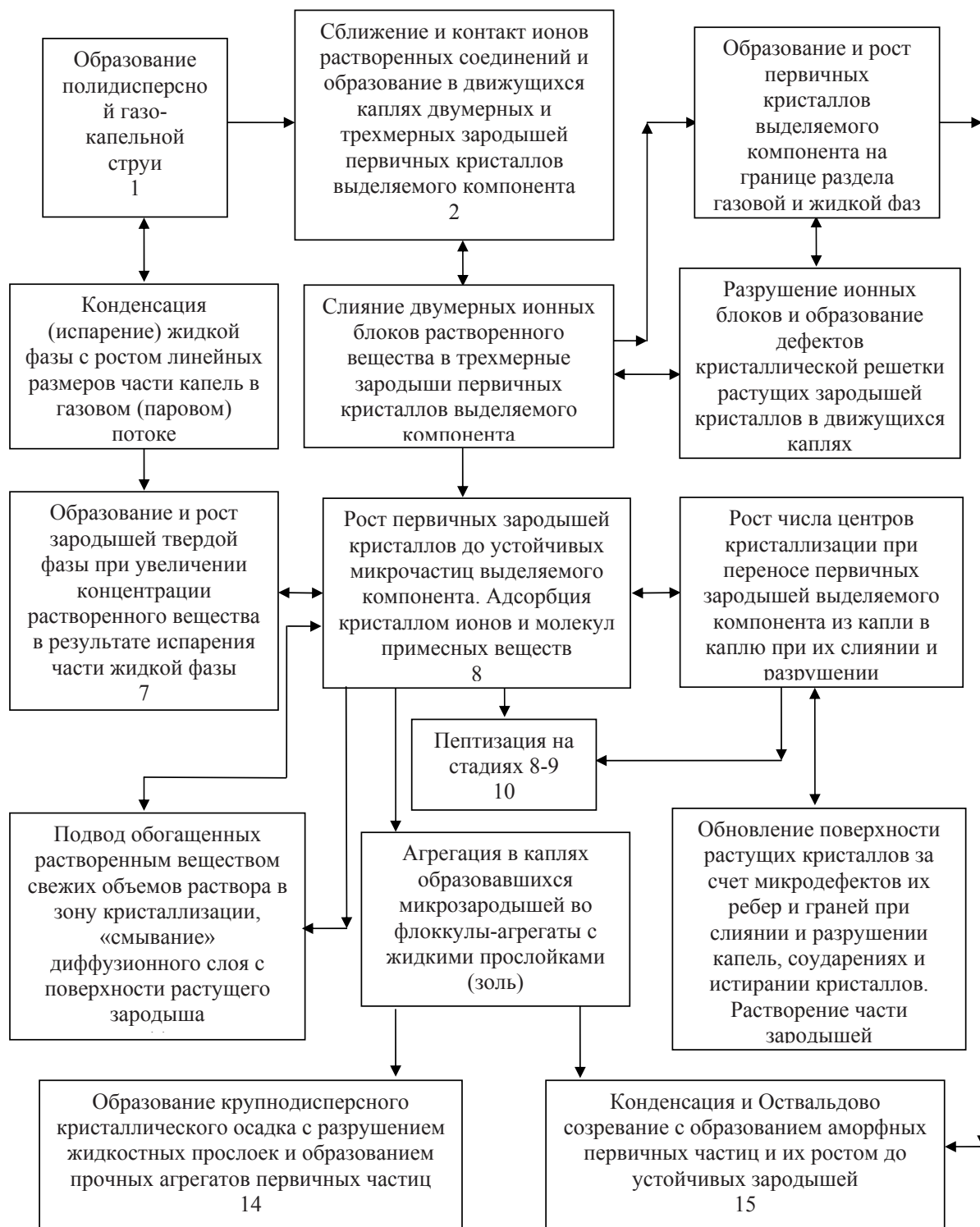


Рисунок 1. Принципиальная схема основных процессов, протекающих в каплях перерабатываемого металлсодержащего раствора под действием вихря Хилла в стесненных условиях движения газок-капельной струи

ми движение жидкости относительно неустойчивых субмикрородышей твердой фазы позволяет последним превратиться в устойчивые, благодаря их перемещению в богатые кристаллизантом зоны, быстрому подводу свежих порций раствора к граням растущего кристалла и отводу продуктов реакции.

Принципиальная схема основных процессов, протекающих в каплях перерабатываемого металлсодержащего раствора под действием вихря Хилла в стесненных условиях газо-капельной струи представлена на рис.1. [1-6].

Свойства поверхностных слоев раствора значительно отличаются от его свойств в макрообъеме. С ростом поверхности контакта фаз влияние поверхностных свойств и кривизны поверхности жидкости резко возрастают. Диспергирование раствора на капли вызывает увеличение энергии Гиббса, давления насыщенного пара, смещение равновесия химических реакций, может играть основную роль в образовании новых фаз.

Гидролиз металлсодержащих растворов при температурах выше 373К позволяет получать интересные с научно-практической точки зрения продукты. К преимуществам высокотемпературной кристаллизации твердой фазы в растворах относятся ускорение в десятки раз процесса кристаллообразования, снижение остаточной концентрации выделяемого вещества, иногда ниже равновесной, с кратковременным "замораживанием" неравновесного состояния, улучшение фильтруемости получаемого осадка [5-8].

Максимального эффекта можно достичь при сочетании высоких температур, стабильно повышенных или пульсирующих давлений, развитой поверхности контакта реагирующих фаз и высоких скоростей их взаимного движения.

На основании изложенного разработан принципиально новый способ выделения некоторых переходных металлов из растворов в высокотемпературных газожидкостных струях с пульсирующим давлением в реакционной зоне.

Кинетика роста кристаллов в растворах подчиняется зависимости [5,6]:

$$1/W = 1/W_0 + a_1 V_{ТВ} + 1/W_n, \quad (1)$$

где W - линейная скорость роста кристалла; W_0 - скорость его роста в неподвижном растворе; W_n - скорость поверхностной реакции; $V_{ТВ}$ - скорость кристалла относительно раствора; a_1 - постоянная.

Уравнение (1) показывает, что рост кристалла включает стадии подвода вещества из объема раствора к его поверхности со скоростью $W_0 + a_1 V_{ТВ}$ и перехода его в кристаллическую решетку со скоростью W_n . Первый член правой части в (1) характеризует перенос вещества диффузией и потоком массы ($a_1 V_{ТВ}$).

Важно количественно оценить градиент взаимных скоростей движения кристалла и раствора. При $V_{ТВ} = 0$ и $W_n \rightarrow \infty W = W_0$, т. е. скорость роста кристалла зависит от скорости молекулярной диффузии. При $V_{ТВ} \rightarrow \infty W = W_n$, т. е. скорость роста кристалла определяется скоростью кристаллохимической стадии [5-8].

В струйном реакторе находящееся в каждой капле вещество расходуется на образование определенного

числа микрородышей с достижением меньшей остаточной концентрации его, чем в макрообъеме раствора. Важное значение имеет явление слияния капель, уже содержащих затравку твердой фазы, с каплями, где еще отсутствуют центры ее кристаллизации. Свежеобразованные микрородыши твердой фазы приобращают в движущихся каплях скорости, отличные от скорости движения раствора.

При этом несущий газ фильтруется через систему движущихся в нем капель. В реакционной зоне между сетчатыми перегородками проходит газо-капельная смесь. Капли обрабатываемого раствора приближаются к сетке, постепенно замедляя движение. Под действием сил вязкости вблизи сетки происходит рост удельного насыщения газа каплями и поверхности контакта фаз при постоянном расходе реагентов (рис.2).

При этом в каждой капле в стесненных условиях полета возникает торообразный вихрь Хилла, в микрогетерогенной системе капель создаются лучшие условия кристаллизации благодаря интенсивному тепло-массообмену (рис. 2) [5-8].

Уравнение фильтрации газа через слой капель и уравнение неразрывности одномерного потока:

$$m/g [d/dt (V_x/m)] + dh/dx + V_x/f = 0; \quad (2)$$

$$d(mJ)/dt + \text{div}(J, V) = 0, \quad (3)$$

где g - гравитационная постоянная; V_x - скорость фильтрации газа; t - время; h - напор газа; J - плотность газа; X - координата длины.

В отличие от обычных уравнений, в систему (2) и (3) введены переменная по времени и координате функция пористости τ и функция фильтрации $f_0 = f(t, X)$. Уравнения, подобные (2), могут быть записаны для осей Y и Z трехмерного потока [5-8].

Для исследования фильтрации газа сквозь систему капель вне зависимости от рода газа нами введена функция проницаемости J , связанная с функцией фильтрации соотношением $J = Q f/J$, где Q - масса газа. Вместо напора введена величина давления газа $P = Jh$. Функция проницаемости выражена через пористость: $J = A m d_0^2$, где d_0 - эквивалентный диаметр капли.

Для случая установившегося процесса с граничными условиями $P = P_0$ при $X = 0$ и $P = P_1$ при $X = L$, где P_0 и P_1 - давление в слое, в начале и конце слоя, соответственно. Полагая, что $m = m_x \exp X/L$, где m_x - пористость по длине слоя, авторами выведена зависимость изменения давления по длине капельного слоя [5,6]:

$$P = \{P_0^2 - [(P_0^2 - P_1^2)/(1 - \exp(-b))] x \times [(1 - \exp(-b) X/L)]^{1/2}, \quad (4)$$

где b - константа. После преобразований исходных уравнений найдена зависимость скорости обтекания капель газом в стесненных условиях полета:

$$V_x = -A m d_0^2 / 2\mu [b/L - \{(P_0^2 - P_1^2) \exp(2bX/L)\} / \{P_0^2 - [(P_0^2 - P_1^2)(1 - \exp(-b)X/L)/(1 - \exp(-b))]^{1/2}, \quad (5)$$

где A - константа; μ - коэффициент динамической вязкости газа.

Составляющие скорости течения жидкости внутри вихря Хилла в полярной системе координат [5,6]:

$$V_r = 3/2(1 - r^2/R_k^2) \text{Cos}\Theta, \quad (6)$$

$$V_\Theta = 3/2(1 - 2r^2/R_k^2) \text{Sin}\Theta, \quad (7)$$

где r и Θ - радиальная и угловая координаты, изменяющиеся в пределах $r < R_k$ и $\Theta = \pm 45^\circ$; R_k - радиус



Узел сетчатой перегородки

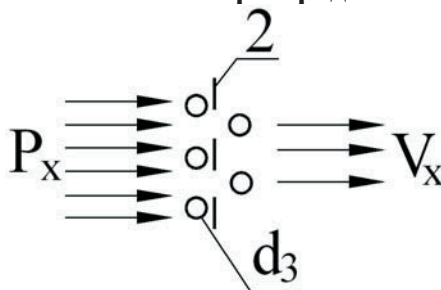


Рисунок 2. Струйный реактор для гидролитического выделения соединений редких и/или тяжелых металлов из растворов

капли эквивалентного диаметра d_3 . Скорость растущей частицы $V_{ТВ}$ внутри капли под действием вихря Хилла:

$$V_{ТВ} = + - V_r (8,72 \rho_{ж} \times d_{ТВ} \times V_{\Theta} / 3 \rho_{ТВ} \times K_x \times r)^{1/2}, \quad (8)$$

где $\rho_{ж}$ и $\rho_{ТВ}$ - плотности жидкой и твердой фаз, соответственно; K_x - коэффициент лобового сопротивления твердой частицы диаметром $d_{ТВ}$.

Высокие скорости движения жидкости под действием вихря Хилла способствуют интенсификации процессов тепло-массообмена и кристаллизации в соответствии с увеличением $V_{ТВ}$ из (1). Это подтверждает правильность подхода к решению проблемы.

На собственно поверхности капли при $\gamma=0$ указанная зависимость неприменима. Суммарная скорость движения жидкости внутри капли [5-8]:

$$V_{общ.} = (V_r^2 + V_{\Theta}^2)^{1/2}, \quad (9)$$

В задачу исследований входили разработка и внедрение способа скоростной перекристаллизации соединений выделяемого металла.

Изучен процесс взаимодействия капель обрабатываемого раствора с паровым потоком (рис. 3). В разработанном струйном реакторе максимальная скорость

движения твердой частицы или ее обтекания раствором наблюдается в зоне лобового слоя у сетчатых перегородок (при $X/L \sim 1$), вблизи поверхности капли (при $\gamma \sim 0$). Для лабораторного реактора производительностью $0,6 \text{ м}^3/\text{ч}$ расчетная скорость движения частицы - $428,8 \text{ м/с}$.

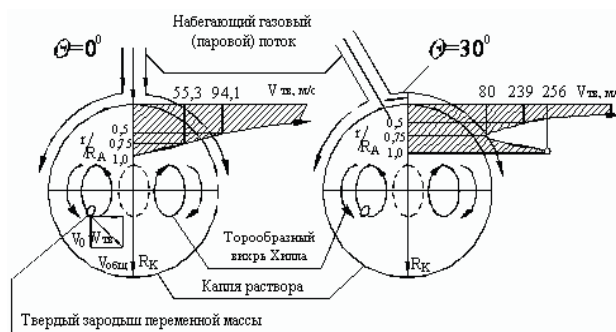


Рисунок 3. Принципиальная схема движения реагирующих фаз в капле металлсодержащего раствора под действием вихря Хилла и эпюры скоростей движения растущего зародыша твердой фазы.

Литература

1. Николаев Н.М. Химические равновесия в водных растворах при повышенных температурах. – Новосибирск: Наука, СО АН СССР ИНХ, 1982. 182 с.
2. Матусевич Л.Н. Кристаллизация из растворов в химической промышленности. –М.: Химия, 1968, 303 с.
3. Странский И.Н., Каишев Р.Н. К теории роста кристаллов и образования кристаллических зародышей//Успехи физических наук, т. 21, 1939, вып. 4, С.408-412.
4. Веригин А.Н., Шупляк И.А., Михалев М.Ф. Кристаллизация в дисперсных системах. Л.: Химия, 1986. 248 с.
5. Касимов А.М. Малоотходные и энергосберегающие технологии в производстве редких и тяжелых цветных металлов- М.: Металлургия. 1990. 112 с.
6. Касимов А.М. Управление промышленными отходами. В 2 т., т.2. Технологии обезвреживания и утилизации отходов. Харьков: РИП «Оригинал», 2000. 306 с.
7. Касимов А.М. Скоростное и глубокое выделение ванадия с использованием высокотемпературных газожидкостных струй. Редкие металлы – взгляд в будущее. Научное издание. Сб. научных тр. ИГН НАНУ, -К.: 2001. С. 60.
8. Касимов А.М. Скоростное и глубокое выделение ванадия с использованием высокотемпературных газожидкостных струй. Редкие металлы – взгляд в будущее. Научное издание. Сб. научных тр. ИГН НАНУ, - Киев: 2001. С. 60.

УДК 004.92:912.43:614.7

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ЭПИДЕМИО- ЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЕЕ ИСТОЧНИКОВ

В. П. Белогулов
Ю. В. Януш

Рассмотрены методы пространственного анализа, пригодные для решения задачи выявления источников эпидемиологической обстановки в условиях неполноты информации. Предлагаемая технология базируется на вероятностном подходе к анализу пространственных данных, основанном на статистических расчетах

Введение

Географическая информационная система (ГИС) – это организованный набор аппаратных и программных средств, географических данных и персонала, пред-

назначенный для эффективного получения, хранения, обновления, обработки, анализа и получения изображения всех видов географически привязанной информации [1]. С помощью ГИС могут быть выполнены определённые сложные пространственные операции, которые