

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СЕРЕБРА

О.А. Криводубский, А.О. Новаковская
Донецкий национальный технический университет

Структура системы представлена тремя уровнями: на верхнем уровне решается задача экономического характера, на среднем – задача переключения режимов работы установки, на нижнем – управление кинетикой процесса. Реализация системы позволяет сократить себестоимость извлечения серебра из вторичного сырья.

В современном мире в результате работы промышленных предприятий, а также при утилизации устаревшей техники, остаются серебросодержащие элементы, которые извлекаются как вторичное сырье. При извлечении серебра из технологических растворов последнее время широко распространено использование сорбентов. Проведенные исследования показали, что экономически целесообразно применение отходов фармацевтической промышленности, связанных с производством антибиотиков, таких как линкомицин, леворин и другие. Плесневые культуры, остаточные закрепленные в матрицах производства антибиотиков, являются антагонистами серебру, что представляет собой основу физико-химических особенностей процессов биосорбции.

Процесс биосорбции протекает в системе, состоящей из 5-6 последовательно установленных сорбционных колонн, расположенных ступенчато. Колонны заполняются таблетками биосорбентов, которые получают из поступающих с фармацевтических заводов плесневых культур проходят специальную обработку и последующее гранулирование. В колоннах циркулирует серебросодержащий раствор, подаваемый в систему насосом. Матрицы биосорбента, по мере протекания через них серебросодержащего раствора, насыщаются серебром и сорбционная способность (емкость) сорбента падает. При достижении критического значения сорбционной емкости в одной из колонн, ее исключают из общего цикла и отправляют на простой, за время которого биосорбенты восстанавливают свою сорбционную емкость до 90% от предыдущего значения. После этого колонна снова включается в цикл сорбции. Таких циклов сорбция-восстановление может быть 5-8 с понижением сорбционной способности материала до 50 %, в зависимости от типа сорбента. Затем агрегаты переводятся в режим десорбции, который осуществляется в той же системе колонн с подачей десорбирующих

щелочных растворов (NN_4OH), которые извлекают из сорбента очищенное серебро.

В результате изучения технологических и физико-химических особенностей процесса биосорбции выделено три уровня управления.

На нижнем уровне системы управления решается задача поддержания максимальной кинетики сорбции. Средний уровень управления решает задачу минимизации расходов электроэнергии на двигатель циркуляционного насоса. На третьем уровне системы управления решается задача планирования производства, определение вида используемого биосорбента, а в оперативном режиме – определение циклов переключения колонн на восстановление сорбционной способности материала и перевод колонн в режим десорбции.

Формальная постановка задачи управления нижнего (первого) уровня представлена функционалом цели вида (1):

$$I_1 = F(V_c, G, g, x) \rightarrow \max_G, \quad (1)$$

Где V_c – сорбционная емкость материала; G – количество серебра, извлекаемого из циркулирующего раствора, кг; g – расход циркулирующего раствора, $\text{м}^3/\text{с}$; x – состояние объекта, характеризующее концентрации веществ в циркулирующем растворе и сорбенте.

Решение задачи (1) осуществляется в условиях динамических ограничений (2), представленных системой параметрических дифференциальных уравнений:

$$\frac{dy}{dt} = f(g, \beta, x, y, t), \quad (2)$$

Переменная y характеризует изменение содержания веществ в растворе и в сорбенте, β – параметр.

Данная система уравнений позволяет прогнозировать кинетику процесса биосорбции в соотношении с интенсивностью протекания циркулирующего раствора. Математические модели процессов сорбции, восстановления сорбционной способности и десорбции представлены в работах [1-3].

Формальная постановка задачи управления второго уровня представлена функционалом вида (3):

$$I_2 = F(Q(g)) \rightarrow \min_g, \quad (3)$$

где Q – расход энергии двигателя циркуляционного насоса, Дж. Функционал цели третьего уровня управления, предназначенный для решения задачи планирования, имеет вид:

$$I_3^1 = F(S, R) \rightarrow \min_S, \quad (4)$$

где S – стоимость биосорбента, грн/кг; R – количество рециклов работы биосорбента выбранного типа.

Техническая реализация системы управления процессом биосорбции предусматривает наличие ПК, сигналы с которого с помощью микроконтроллеров передаются на исполнительные механизмы, в качестве которых подразумеваются циркуляционный насос, перекачивающий серебросодержащий и десорбирующий растворы, насосы, осуществляющие подпитку маточником (для поддержания достаточного уровня серебра в растворе) и HNO_3 (регулирующего уровень рН). В системе предусмотрено наличие клапанов, перекрывающих доступ раствора в колонны, а также датчики измерения температуры и уровня рН. Управление на нижнем уровне системы предполагает наличие автоматического режима управления.

Научная новизна работы представлена математической моделью вида (2) и формализованным представлением задач управления вида (1, 3-5), разработанных впервые для данного процесса. Практическая значимость работы заключается в том, что формальное представление особенностей процесса является основой алгоритма и программного обеспечения системы управления технологическими агрегатами процессов биосорбции, включающих в себя автоматизированные (верхний уровень) и автоматические (нижний и средний уровни) режимы управления, что позволяет уменьшать себестоимость производства серебра из вторичного сырья.

Литература

1. Криводубский О.А. Прогнозирование процессов биосорбции серебра / О.А. Криводубский, А.О. Новаковская // Системи обробки інформації. – Харків.: Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, 2009. – Вып. 2 (76). – с.113-117.
2. Криводубский О.А. Математическая модель восстановления активных свойств сорбента / О.А. Криводубский, А.О. Новаковская // Наукові праці Донецького національного технічного університету. – 2009. – Вып. 10 (153). – с.251-254.
3. Криводубский О.А. Прогнозирование процесса десорбции серебра / О.А. Криводубский, А.О. Новаковская // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – Харків.: НАУ ім. М.Є.Жуковського, 2009. – с. 93-99

Получено 29.05.09