

УДК 66-2:532.5

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ПУЛЬПЫ В АППАРАТЕ ДЛЯ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

<sup>1</sup>Дьяконова В.Я., <sup>1</sup>Косолапова С.А., <sup>1</sup>Калиновская Т.Г., <sup>2</sup>Дьяконов М.Н.

<sup>1</sup>ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Красноярск;

<sup>2</sup>ООО «М2М Телематика Сибирь», Красноярск, e-mail: ktgrig@rambler.ru,

Работа посвящена методике расчетов электромеханического привода мешалки, установленной вертикально в аппарате для выщелачивания ёмкостью около 500 м<sup>3</sup>. Определены геометрические параметры вала и лопастей мешалки. Показана зависимость между скоростью вращения вала мешалки и мощностью. Установлены величины минимальной и рабочей частоты вращения для поддержания твердой фазы пульпы во взвешенном состоянии и пусковой момент двигателя привода мешалки.

**Ключевые слова:** механизм, мешалка, перемешивание, плотность, скорость, мощность

## DEFINING THE BASIC PARAMETERS OF THE MECHANISM OF MIXING THE SLURRY IN THE APPARATUS FOR LEACHING

<sup>1</sup>Djakonova V.J., <sup>1</sup>Kosolapova S.A., <sup>1</sup>Kalinovskaya T.G., <sup>2</sup>Djakonov M.N.

<sup>1</sup>Siberian Federal University, Krasnoyarsk;

<sup>2</sup>ООО «M2M Telematika Siberia», Krasnoyarsk, e-mail: ktgrig@rambler.ru,

The paper presents a method of calculating the electromechanical actuator vertical stirrer, which is installed in the device for leaching with a volume of about 500 m<sup>3</sup>. It was shown the relationship between the rotational shaft speed and capacity stirrer. The minimum and the operating rotating speed stirrer were calculated in order to maintain the solid phase in suspension. Starting torque of the motor and the geometric parameters of the stirrer were determined taking into account the structural features of the apparatus for leaching.

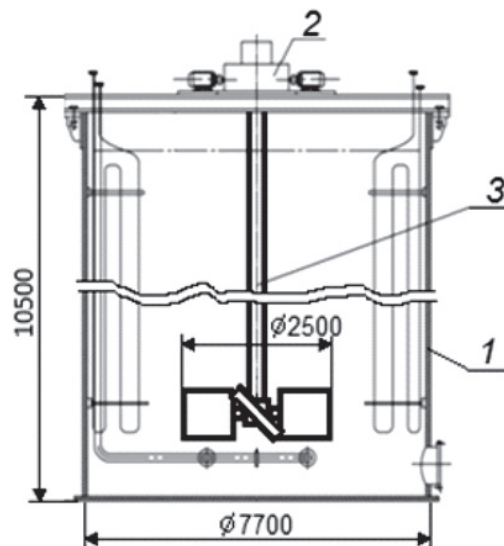
**Keywords:** mechanism, stirrer, mixing, density, viscosity, speed, capacity

Перемешивание жидких сред с целью интенсификации физико-химических процессов широко применяется в металлургическом производстве. Так, для проведения непрерывного процесса сорбционного выщелачивания тонкоизмельчённых сульфидных концентратов применяются специальные аппараты, работающие в условиях стабилизации температуры при постоянном аэрировании. Для ускорения процесса выщелачивания в таких аппаратах необходимо непрерывное перемешивание пульпы. В настоящее время наибольшее распространение получил механический способ перемешивания с помощью устройств – мешалок, устанавливаемых в химических аппаратах.

Настоящая работа посвящена разработке параметров перемешивающего устройства – мешалки с электромеханическим приводом, установленной вертикально на раме в верхней части ёмкости аппарата для выщелачивания золотосульфидных концентратов (рисунок).

Известные методы расчета и конструирования большинства типов металлургических механизмов не позволяют достаточно полно учитывать все явления, происходящие во время технологических процессов, т.к. при проектных расчетах отдельные детали обычно выделяются из сложной механической системы технологического аппарата, при этом влияние некоторых факторов работы опуска-

ется. В данной работе определены кинематические и геометрические параметры мешалки с учетом влияния физико-химических процессов, проходящих при выщелачивании золотосульфидных концентратов в условиях равномерного распределения твердых частиц пульпы по всему объему и максимальной интенсивности перемешивания при минимальных энергозатратах.



Аппарат для выщелачивания золотосульфидных концентратов:  
1 – ёмкость аппарата; 2 – привод мешалки;  
3 – вал с мешалкой

Рассматриваемое перемешивающее устройство относится к механизмам с тяжелым режимом работы. Сложность и особенность расчетов разработанного аппарата состояла в том, что он имеет весьма значительные размеры (объем емкости аппарата составляет около  $500 \text{ м}^3$ ), в то время как в технической литературе имеются справочные материалы для аппаратов с объемом емкости только до  $50 \text{ м}^3$

Как известно, для механических мешалок, при прочих равных условиях, характерна сильная зависимость между требуемой мощностью и скоростью вращения, которая, в свою очередь, определяет интенсивность перемешивания и продолжительность технологического процесса. Рабочая частота вращения мешалки при перемешивании пульпы должна быть выше минимальной ( $n_{\text{min}}$ ), требуемой для поддержания твердой фазы во взвешенном состоянии.

Перемешиваемая пульпа является агрессивной сернокислотной средой (РН = 1,5), с соотношением твердой и жидкой фаз 1:4, при плотностях твердого и жидкого компонентов  $\rho_t = 3,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$  и  $\rho_{\text{ж}} = 1,05 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$  соответственно. С учетом этого определена плотность перемешиваемой среды, которая составила  $\rho_c = 1,221 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

На основании опытных данных и данных [1,3], для рассматриваемого аппарата была выбрана наиболее оптимальная конструкция мешалки, а именно – четырехлопастная (крестообразная) с наклонными, под углом  $45^\circ$ , лопастями. Проведенные с учетом основных параметров перемешиваемой пульпы расчеты показали, что минимальная частота вращения вала мешалки для рассматриваемого аппарата  $n_{\text{min}} = 0,25 \text{ с}^{-1}$ , а принятая рабочая частота, необходимая для проведения технологического процесса выщелачивания,  $n = 0,83 \text{ с}^{-1}$  (50 об/мин).

Массообмен системы в условиях принудительного движения при перемешивании мешалкой характеризуется критерием Рейнольдса:

$$R_e = \frac{n \cdot d_m^3 \cdot \rho_c}{g \cdot \mu_c} = 673823,$$

где  $\mu_c$  – динамическая вязкость суспензии, определенная по формуле Бачинского [2]

$$\mu_c = \mu_{\text{ж}}(1 + 2,5\phi) = 0,94 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{с/м}^2,$$

где  $\mu_{\text{ж}} = 0,8 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$  – вязкость жидкой фазы при рабочей температуре  $t = 30^\circ\text{C}$ ;  $\phi$  – объемная концентрация твердой фазы.

Так как полученное число Рейнольдса  $10^7 > R_e > 4 \cdot 10^4$ , то можно сделать вывод о том, что движение суспензии в аппарате имеет турбулентный характер, при котором она перемещается вверх, что благоприятно сказывается на процессе выщелачивания.

Теоретический анализ и результаты опытов показывают, что мощность, затрачиваемая на перемешивание жидкости зависит от динамического коэффициента вязкости  $\mu$  и плотности  $\rho$  жидкости, частоты вращения мешалки, диаметра ее лопастей  $d_m$  и геометрических параметров аппарата (внутреннего диаметра емкости  $D_b$ , высоты заполнения, высоты расположения мешалки над дном). Таким образом, процесс перемешивания жидкости может быть описан множеством принципиально равноценных, но различных по форме критериальных уравнений.

Мощность, необходимая для перемешивания пульпы в установившемся режиме определяется по известной формуле [1]:

$$N = S \cdot \rho_c \cdot n^3 \cdot d_m^5,$$

где  $S$  – коэффициент мощности, который, в случае использования четырехлопастной (крестообразной) мешалки определяется по обобщенному критериальному уравнению [3]:

$$S = c/R_e^m,$$

где  $c = 5,05$  и  $m = 0,2$  – постоянные для четырехлопастной мешалки с лопастями, наклоненными под углом  $45^\circ$ , при соотношениях  $D_b/d_m = 3$ ;  $n/d_m = 0,38$ .

В случаях перемешивания, когда не образуется воронка, критерий Фруда не оказывает влияния на величину мощности. Поэтому, при невозможности установки отражательных перегородок на стенке сосуда, вдоль его образующей, чтобы воронка не образовывалась, ось мешалки необходимо расположить эксцентрично.

При выборе электродвигателя необходимо, чтобы в период пуска аппарата был обеспечен достаточный крутящий момент, так как наибольшая нагрузка приходится на пусковой момент мешалки. Как показывает опыт, пусковой момент во многих случаях оказывается в 2,5–4,5 раза выше номинального. Поэтому определение мощности, необходимой для приведения мешалки в движение, проводили для момента пуска с учетом поправочных коэффициентов:

$$N_{\text{дв}} = 1,3 \cdot N \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 / \eta,$$

где  $f_1 = 1,3$  – коэффициент, учитывающий пусковой момент;  $f_2 = 1,1 \dots 1,21$  – коэффи-

циент, учитывающий наличие в аппарате шероховатых стенок без отражательных перегородок;  $f_3 = 2 \dots 3$  – коэффициент, учитывающий наличие в аппарате змеевика;  $f_4 = (H/D_b)^{0,5}$  – поправочный коэффициент при высоте суспензии в аппарате  $H = 9,5$  м;  $\eta$  – КПД передаточного механизма.

В результате мощность электродвигателя составила  $N_{дв} = 115$  кВт, а крутящий момент на валу перемешивающего устройства – 22 кНм. Размеры кольцевого сечения вала мешалки с отношением внутреннего диаметра к наружному – 0,8 были определены из условия прочности вала при кручении. С учетом коррозии и минусового допуска наружный диаметр вала составил 210 мм.

Геометрические параметры лопастей мешалки (толщина – 22 мм, высота – 640 мм, длина – 1125 мм), изготовленных из стали X18H10T, были определены из условия прочности при изгибе.

Вал мешалки ввиду его значительной длины (7,8 м) и консольного закрепления

без дополнительных опор был проверен на крутильные колебания. Результаты расчета вала, проведенного по стандартной методике, показали, что частота собственных колебаний вала значительно превышает частоту вынужденных колебаний.

Полученные результаты были использованы при проектировании и изготовлении аппарата для выщелачивания концентратов. В результате практического использования спроектированного механизма была подтверждена корректность выбранных параметров аппарата для данного химического процесса.

#### Список литературы

1. Лашинский А.А. Основы конструирования и расчет химической аппаратуры / А.А. Лашинский, А.Р. Толчинский. – М.: Машгиз, 1963. – 470 с.
2. Набойченко С.С. Расчеты гидromеталлургических процессов / С.С. Набойченко, А.А. Юнь. – М.: МИСиС, 1995. – 428 с.
3. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учеб. пособие для вузов / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.