УДК 541.135.2:669.337

И.С.КУЗЬМИНА
Норильский индустриальный институт

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВЯЗКОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТА МЕДЕРАФИНИРОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТ ЕГО СОСТАВА И ТЕМПЕРАТУРЫ

Определены значения динамической вязкости серно-кислого медно-никелевого раствора с граничными параметрами состава электролита, г/дм^3: Cu^{2+} 50-60, Ni^{2+} 20-25, H_2SO_4 140-180 – в области температур 55-70 °С. Предложено упрощенное уравнение для расчета вязкости раствора в зависимости от его состава и температуры. Представлены диаграммы вязкости технологических растворов, упрощающие определение ее значения.

Values of dynamic viscosity of copper-nickel sulphate solution with boundary parameters of Cu^{2+} – 50-60 g/dm^3, Ni^{2+} – 20-25 g/dm^3, H_2SO_4 – 140-180 g/dm^3 in the temperature range of 50-70° are determined. A simplified equation for solution viscosity analyses depending on its composition and temperature is suggested. Processing solution viscosity graphs which simplify the determination of the viscosity are presented.

При разработке новых методов интенсификации и автоматизации химического и металлургического производства, расчетах технологического оборудования гидрометаллургических процессов часто возникает необходимость в надежных и достоверных сведениях о свойствах неорганических веществ и их растворов. Особенно остро ощущается нехватка систематизированной информации о физико-химических параметрах многокомпонентных водных систем. В работе на основе систематизации опубликованного экспериментального материала проведены исследования по определению вязкости серно-кислых медно-никелевых растворов в зависимости от содержания его компонентов и температуры.

В технологии электрорафинирования меди используются серно-кислые медно-никелевые растворы с колодными добавками. В литературе данные о физических свойствах таких многокомпонентных систем практически отсутствуют. Предложенные различными авторами методики расчета плотности и вязкости растворов сложны [2], либо не учитывают многокомпонентный состав электролита медерафинировочного производства [3-4].

Для определения зависимостей была выбрана матрица со следующими граничными параметрами, г/дм^3: Cu^{2+} 50-60, Ni^{2+} 20-25, H_2SO_4 140-180. Определены значения динамической вязкости серно-кислых медно-никелевых растворов в области технологических температур 55-70 °С. Диапазоны исследования соответствуют технологическим параметрам медерафинировочного производства ГМК «Норильский никель».

Динамическую вязкость растворов определяли методом капиллярной вискозиметрии, плотность растворов – пикнометрическим методом. Матрица эксперимента в общей сложности составила 700 измерений в указанных диапазонах значений вязкости и плотности модельных растворов.

Анализ влияния отдельных компонентов электролита на его вязкость позволяет сделать вывод о том, что по степени влияния на вязкость компоненты раствора можно расположить в ряд: $NiSO_4 > CuSO_4 > H_2SO_4$.

По экспериментальным значениям динамической вязкости, с учетом среднетемпературной плотности, построены зависимости ее от температуры и состава раствора.

В результате исследований выявлено значительное влияние температуры раствора на динамическую вязкость в рабочем диапазоне температур (55-70 °С). Динамическая вязкость серно-кислого медно-никелевого электролита линейно уменьшается на 20-22 % с ростом температуры, причем значения вязкости раствора находятся в диапазоне 0,932-1,435 мПа·с.

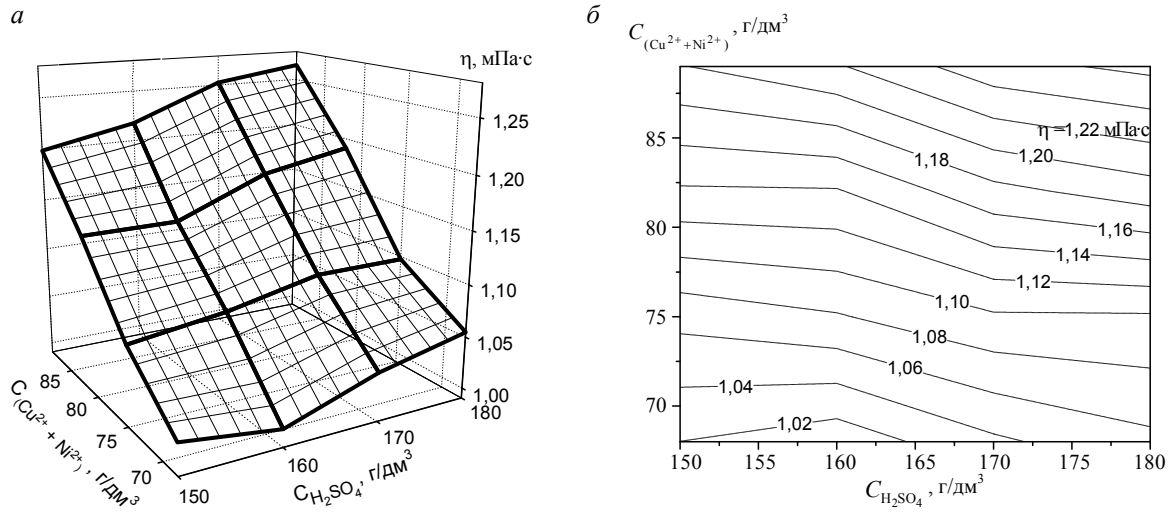
Исследование процессов с большим числом степеней свободы (концентрация меди, никеля, серной кислоты; температура) достаточно сложно при аппроксимации, выявлении зависимостей и обработке и затрудняет дальнейшее использование их технологами. Поэтому было предложено некоторое упрощение матрицы в виде объединения двух степеней свободы (концентрации меди, никеля) в один параметр – сумма металлов $C_{\Sigma Me}$. Это стало возможным после обработки данных о составе электролита цеха электролиза меди медного завода. Соотношение концентраций ионов металлов в электролите по этим данным $C_{Cu^{2+}} : C_{Ni^{2+}} = 2{,}5 : 1$. Полученные экспериментальные данные после принятия данного упрощения были обработаны графически (см. рисунок).

В интервале исследуемых концентраций наблюдается небольшой волнообразный характер изменения вязкости.

Наличие неспаренных *d*-электронов у никеля и меди приводит к их взаимодействию с диполями воды и анионами SO_4^{2-}, а при определенных соотношениях к образованию (разрушению) водородных связей в структуре растворителя. При этом происходит образование гидратированных и комплексных ионов. Разрушение водородных связей в каркасе растворителя, образование гидратов с различным координационным числом как раз и находит отражение в несколько волнистом ходе концентрационной зависимости вязкости растворов [1, 5].

Для определения динамической вязкости при различных содержаниях компонентов были построены номограммы. Изолинии нанесены через интервал значения вязкости, равный 0,02 мПа·с. Номограммы действительны в граничных параметрах выбранной матрицы, погрешность определения вязкости по ним составляет 3 %. Примеры таких номограмм приведены на рисунке, *б*.

В результате решения системы аппроксимирующих уравнений, описывающих изменение вязкости внутри нашей матрицы, получено уравнение, позволяющее рассчитывать значения вязкости по известным параметрам:



Экспериментальные зависимости (пример при температуре 65 °С): *а* – изотерма вязкости η при различных содержаниях суммы ионов $Cu^{2+} + Ni^{2+}$ и серной кислоты; *б* – номограмма для определения динамической вязкости серно-кислого медно-никелевого раствора

$$\eta = 1{,}1378 - 0{,}0188t + 0{,}00266C_{H_2SO_4} +$$

$$+0{,}0097C_{\Sigma Me}.$$

Погрешность определения вязкости 1,5 %.

Таким образом, в результате исследований были изучены зависимости динамической вязкости растворов, моделирующих состав электролита медерафинировочного производства, в диапазоне рабочих температур и концентраций. Определен диапазон значений динамической вязкости модельных серно-кислых медно-никелевых растворов 0,932-1,435 мПа·с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вода: структура, состояние, сольватация. Достижения последних лет / Ю.М.Кесслер, В.Е.Петренко, А.К.Лященко и др. М.: Наука, 2003. 404 с.

2. *Зайцев И.Д.* Физико-химические свойства бинарных и многокомпонентных растворов неорганических веществ: Справочник / И.Д.Зайцев, Г.Г.Асеев. М.: Химия, 1988. 416 с.

3. Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. А.А.Равделя и А.М.Пономаревой. СПб: Иван Федоров, 2003. 240 с.

4. Свойства электролитов: Справочник / Под ред. И.Н.Максимовой. М: Металлургия, 1987. 128 с.

5. *Целуйкин В.Н.* Структурные превращения в концентрированных растворах сульфата меди / В.Н.Целуйкин, О.Г.Неверная, Н.Д.Соловьева // Актуальные проблемы электрохимической технологии: Сб. статей молодых ученых / СГТУ. Саратов, 2005. С.68-71.

Научный руководитель канд. техн. наук доц. *Е.В.Салимжанова*