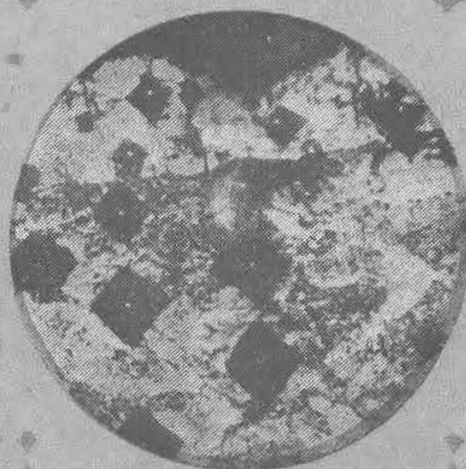


АКАДЕМИЯ НАУК МОЛДАВСКОЙ ССР ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ

ЭЛЕКТРОННАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

5
73



В. А. Глембоцкий, А. А. Мамаков,
В. Н. Сорокина

г. Кишинев

Величина пузырьков газов, образующихся в условиях электрофлотации

Большое значение при флотации минералов имеют дисперсность и вид газовой среды. Существующие методы диспергации воздуха позволяют получать пузырьки крупностью 0,8—0,9 мм (импеллерные флотомашин), 0,1—0,2 мм (вакуумная флотация) и в некоторых случаях — 0,06—0,08 мм (компрессионные установки). Получение тонкодиспергированных пузырьков газа имеет важное значение, так как они более активны в преодолении гидратного слоя на поверхности минеральных частиц. Прилипание мелких пузырьков к последним происходит намного быстрее, чем крупных.

Одним из методов получения тонкодиспергированных газовых пузырьков является электролитический. При электролитическом разложении воды выделяются очень мелкие пузырьки водорода и кислорода. В щелочных растворах в области катода водород образует столь мелкие пузырьки, что раствор становится молочным. У анода при этом выделяются пузырьки значительно крупнее. В кислой среде наблюдается обратная картина.

Б. Н. Кабанов, А. Н. Фрумкин [1] исследовали условия, при которых пузырек, сидящий на электроде, отрывается от последнего. Они установили, что размер пузырька, равновесно закрепленного на электроде, однозначно определяется краевым углом смачивания. Пузырьки с большим краевым углом намного прочнее удерживаются на электроде и, естественно, достигают большего размера.

Потенциал электрода является важным факто-

ром, влияющим на величину краевого угла [1]. Максимальное значение краевого угла имеет при потенциале электрода, близком к потенциалу нулевого заряда. Изменение потенциала как в положительную, так и в отрицательную сторону вызывает изменение, а именно уменьшение, краевого угла. Следовательно, при этом уменьшается и размер пузырьков газа.

Электрохимическая поляризация как катодная, так и анодная вследствие изменения потенциала электрода может оказывать значительное влияние на размер пузырьков, отрывающихся от электрода. На изменение величины катодной поляризации большое влияние оказывают плотность тока [2], pH среды и материал катода [2—9], температура [10] и др.

Зависимость перенапряжения от плотности тока хорошо описывается уравнением Тафеля

$$\eta = a + b \ln i,$$

где η — перенапряжение водорода; i — плотность тока; a — константа, характеризующая материал катода, ионный состав пульпы, температуру; $b = \frac{RT}{\alpha F}$, $\alpha \approx 0,5$.

Для большинства металлов катодная поляризация с ростом pH сначала возрастает, а затем падает. Максимум перенапряжения лежит в нейтральной или слабощелочной среде [3—6]. Анодная поляризация [7] с увеличением pH уменьшается.

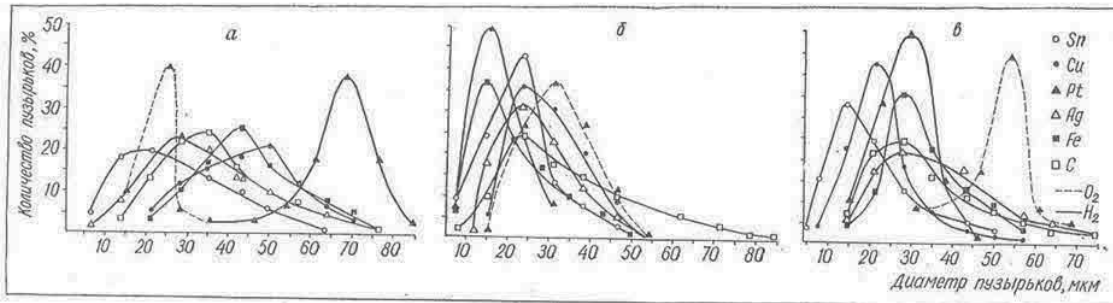


Рис. 1. Влияние материала электрода на величину электролизных пузырьков.

Плотность тока 25 ма/см², диаметр электродов 0,4 мм, температура 20°, рН равно 2 (а), 7 (б) и 12 (в)

Исследование зависимости размеров пузырьков электролизных газов от факторов, изменяющих перенапряжение выделения водорода и кислорода, осуществлялось методом скоростной киносъемки кинокамерой СКС-16 (800—1200 кадров в секунду). Размеры пузырьков измерялись с помощью микроскопа МПС-1. В качестве электродов применялись платиновая, медная, оловянная, серебряная проволока, проволока из нержавеющей стали, а также графитовый стержень диаметром от 0,2 до 1,0 мм. Плотность тока менялась от 10 до 40 ма/см², температура — от 5 до 75°. Нужное рН создавалось растворами H₂SO₄, NaOH и Na₂SO₄. При исследовании влияния какого-либо параметра все остальные оставались постоянными. Подготовка электродов велась следующим образом: тщательная механическая полировка, химическое обезжиривание сильными органическими растворителями, промывка в дистиллированной воде, электрохимическая очистка в течение 1,5—2 часов.

Результаты исследования зависимости размера пузырьков от рН и материала электрода представлены на рис. 1. Характер изменения крупности пузырьков представляет собой картину, обратную изменению перенапряжения, т. е. в кислой среде (рис. 1, а) пузырьки водорода крупнее, чем в нейтральной (б) и щелочной (в). Минимальные размеры имеют пузырьки в нейтральной (для всех материалов катода) и щелочной (для меди и олова) средах, т. е. в областях рН, которым соответствует максимум перенапряжения водорода.

В кислой среде особенно сильно проявляется влияние материала катода на размер образующихся пузырьков. Разброс величин среднего диаметра пузырьков находится в пределах 20—70 мкм. Расположение металлов в этой области по величинам

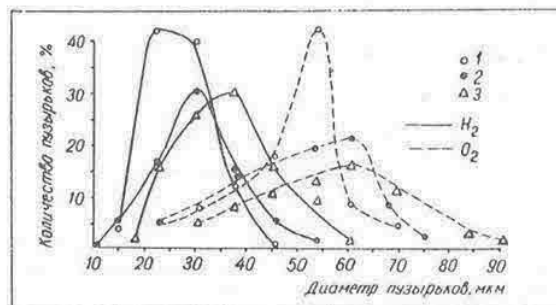
пузырьков соответствует расположению металлов по перенапряжению [8, 11]. В щелочной среде (рис. 1, в) влияние материала катода на величину пузырьков водорода сказывается меньше, значения среднего диаметра пузырьков находятся в пределах 15—30 мкм. В нейтральной среде (рис. 1, б) величина выделяющихся пузырьков водорода практически не зависит от материала катода. Значения среднего диаметра пузырьков находятся в пределах 15—20 мкм.

Пузырьки кислорода, образующиеся на платиновом электроде (другие материалы в качестве анода не использовались), имеют минимальную величину в кислой среде (25 мкм) и при переходе к нейтральной и, дальше, к щелочной средам увеличиваются в размерах (30 и 55 мкм соответственно).

Зависимость крупности выделяющихся пузырьков от кривизны поверхности электродов при рН 12

Рис. 2. Зависимость размера пузырьков от диаметра электрода.

Материал—платина, плотность тока 25 ма/см², температура 20°, рН 12. Диаметр электрода, мм: 0,2 (1), 0,5 (2) и 1 (3)



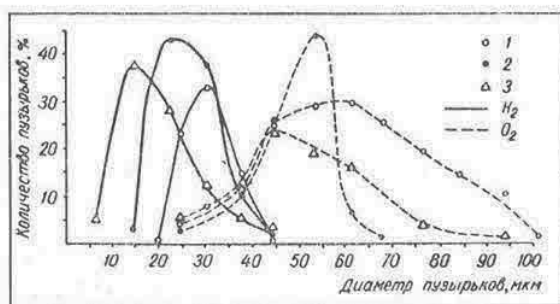


Рис. 3. Влияние плотности тока на величину пузырьков.

Материал—платина, диаметр электрода 0,2 мм, pH 12, температура 20°. Плотность тока, ма/см²: 12 (1), 25 (2) и 40 (3)

показана на рис. 2. С увеличением диаметра электрода средний диаметр пузырьков водорода и кислорода возрастает незначительно. Характерно, что заметно увеличивается разброс значений диаметров пузырьков. Если для электрода диаметром 0,2 мм при pH 12 основная масса пузырьков водорода выделяется диаметром от 15 до 40 мкм, то для электрода диаметром 1 мм разброс величин диаметров возрастает до 60 мкм. Разброс значений диаметров пузырьков кислорода имеет величины 40—60 мкм (диаметр электрода 0,2 мм) и 30—90 мкм (диаметр электрода 1 мм).

Влияние плотности тока на величину среднего диаметра пузырьков представлено на рис. 3. В указанных пределах изменения плотности тока (10—40 ма/см²) изменение среднего диаметра пузырьков очень незначительно в кислой и нейтральной средах. В щелочной среде значения среднего диаметра находятся в пределах 15—30 мкм; с повышением плотности тока увеличивается разброс значений диаметров пузырьков, особенно для кислорода в щелочной среде*.

Зависимость распределения пузырьков по диаметру от температуры показана на рис. 4. В исследуемом интервале температур обнаружено, что с повышением температуры значения среднего диаметра пузырьков водорода сдвигаются в сторону увеличения. Так, наименьший диаметр (30 мкм) пузырьки имеют при 5°, наибольший (50 мкм) — при 75°. В сопоставлении с характером изменения перенапряжения от температуры в нейтральной

* В нейтральной и кислой средах влияние плотности тока, так же как и кривизны поверхности электрода, не очень существенно, поэтому данные не приводятся.

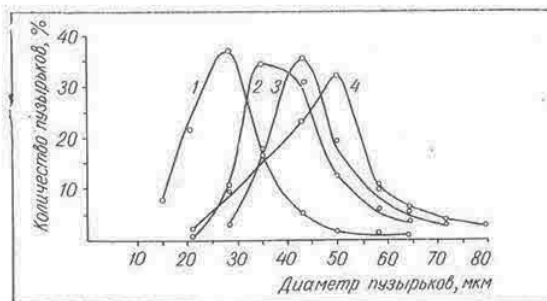


Рис. 4. Влияние температуры на величину пузырьков водорода.

Материал—платина, диаметр электрода 0,5 мм, плотность тока 25 ма/см², pH 7. Температура, °С: 5 (1), 25 (2), 55 (3) и 75 (4)

среде [10] обнаруживается, что даже при незначительной зависимости перенапряжения от температуры в этой области влияние температуры на величину образующихся пузырьков весьма существенно.

Таким образом, влияние диаметра электрода и плотности тока в исследуемом интервале на величину пузырьков водорода и кислорода незначительно. Зависимость от температуры более существенна, но наибольшее влияние на величину пузырьков, образующихся при электролитическом разложении воды, оказывают pH среды и материал электрода.

Литература

1. Б. Н. Кабанов, А. Н. Фрумкин. ЖФХ, 4, 1933, 539.
2. А. Н. Фрумкин. Кинетика электродных процессов. М., 1952.
3. И. Е. Багоцкий, И. Е. Яблочкова. ЖФХ, 23, 1949, 413.
4. К. Сабо, И. А. Багоцкая. ДАН СССР, № 2, 1964, 156.
5. О. Л. Кабанова, Л. А. Дорониц, О. О. Семетюненко. Электрохимия, 7, № 9, 1971, 1390.
6. П. Д. Луковцев, С. Д. Левина, А. Н. Фрумкин. ЖФХ, 13, 1939, 916.
7. Н. Т. Бардина, Л. И. Кришталик. Электрохимия, 2, № 2, 1966, 216.
8. Н. Е. Хомутов. ЖФХ, 39, 2, 1965.
9. И. Ненов. Доклады Болгарской АН, 18, № 5, 1965, 465.
10. В. Ф. Владимирова, О. А. Татаев, Г. Г. Дадашева. В сб.: Научные сообщения, изд. Дагестанского ун-та, вып. 7, 1971.
11. Ю. Ю. Лурье. Справочник по аналитической химии. М., 1971, стр. 412.