

УДК 622.267.023.67:624.138.4

С.В. ГОРОБЕЦ, канд. техн. наук,
О.Ю. ГОРОБЕЦ, Н.П. БАНДУРКА

ПАРАМЕТРЫ СТАЦИОНАРНЫХ ПОТОКОВ ЭЛЕКТРОЛИТОВ В ОКРЕСТНОСТИ ВЫСОКОГРАДИЕНТНЫХ ФЕРРОМАГНИТНЫХ НАСАДОК В ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Досліджено стаціонарні потоки електролітів на околиці ферромагнітних куль і голок у постійному магнітному полі. Отримана залежність швидкості електролітів від розмірів високоградієнтних ферромагнітних насадок. Досліджено рух розчинів солей, кислот і лугів на околиці ланцюгів із двох, трьох і семи ферромагнітних шарів.
Ключові слова: електроліт, насадка, магнітне поле, потік.

Исследованы стационарные потоки электролитов в окрестности ферромагнитных шаров и игл в постоянном магнитном поле. Получена зависимость скорости электролитов от размеров высокоградцентных ферромагнитных насадок. Исследовано движение растворов солей, кислот и щелочей в окрестности цепочек из двух, трех и семи ферромагнитных шаров.
Ключевые слова: электролит, насадка, магнитное поле, поток.

В работах [1,2] показано, что при помещении модельной жидкости со слабомагнитными микрообъектами во внешнее постоянное магнитное поле в окрестности высокоградцентных ферромагнитных насадок (ВГФН) в виде стальной иглы и железного шарика возникают стационарные потоки. Было определено влияние величины внешнего магнитного поля на скорость движения модельной жидкости и влияния покрытий ВГФН на параметры стационарных потоков.

Данная работа посвящена более детальному экспериментальному ис-

следованию параметров (скоростей и направлений) стационарных потоков растворов солей, кислот и щелочей (модельных электролитов) в окрестности элементов ВГФН (сфер различных диаметров и игл разных размеров), помещенных в постоянное внешнее магнитное поле.

Для проведения исследований использовалась установка, аналогичная описанной в работе [3].

Для изучения геометрии потоков жидкости (электролитов) в окрестности ВГФН изготавливались микрокюветы, представляющие собой предметные стекла, на которые помещались кольца из органического стекла, ограничивающие объем исследуемого электролита. Диаметр кювет 15 мм, высота 4 мм. В качестве ВГФН применялись стальные иглы и сферические ферромагнитные частицы разных размеров, закрепленные на медной проволоке.

Цель экспериментов - изучение зависимости направления движения жидкости от природы исходного вещества, а также ее скорости от размера насадки. В качестве индикаторов движения жидкости служили частички черной акварельной краски, а модельных электролитов - растворы солей, кислот и щелочей определенной концентрации и кислотности.

В процессе изучения геометрии потоков жидкостей (электролитов) в окрестности ферромагнитных объектов размером порядка 100...1000 мкм во внешнем магнитном поле было проведено две группы экспериментов. Каждый эксперимент длился 15 мин. За первые 1...2 мин. скорость потока жидкости выходила на постоянное значение и не изменялась до конца эксперимента. Во всех экспериментах при выключении внешнего постоянного однородного магнитного поля движение модельных жидкостей прекращалось.

В первой серии экспериментов изучались потоки жидкости в окрестности ферромагнитных игл с размерами наконечников 125, 185 и 375 мкм. В качестве модельных электролитов были приготовлены 12...13-процентные растворы солей $NaCl$, KI , разбавленные кислоты H_2SO_4 , HCl со значением $pH=1,2...1,5$, а также щелочь $NaOH$ с $pH=12,5$. В результате экспериментов оказалось, что направление движения каждого конкретного модельного электролита не зависит от размера наконечника иглы. Направления движения растворов солей ($NaCl$, KI) и кислот (H_2SO_4 , HCl) показаны на рис. 1 и 2, из которых видно, что направление движения растворов на основе солей $NaCl$, KI противоположно направлению движения растворов на основе кислот H_2SO_4 , HCl . Направление движения щелочного модельного электролита совпадает с направлением движения растворов солей (см. рис. 1).

Также проводились эксперименты по измерению скорости вышеуказанных модельных электролитов в окрестности ферромагнитных игл с теми же наконечниками.

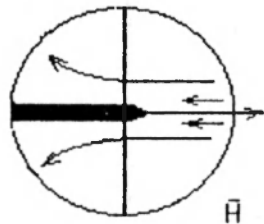


Рис.1. Движение 12-процентных растворов солей $NaCl, KI$ и щелочи $NaOH$ с $pH=12.5$ в окрестности высокоградиентной ферромагнитной насадки в форме иглы во внешнем постоянном магнитном поле ($H = 80$ кА/м), приложенном вдоль ферромагнитной иглы

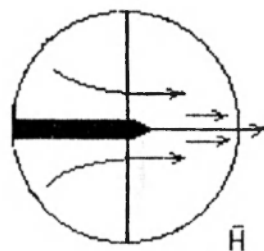


Рис.2. Движение разбавленных кислот H_2SO_4, HCl с $pH=1,2...1,5$ в окрестности высокоградиентной ферромагнитной насадки в форме иглы во внешнем постоянном магнитном поле ($H = 80$ кА/м), приложенном вдоль ферромагнитной иглы

Результаты экспериментов представлены на графиках в виде зависимости скорости жидкостей V от размера диаметра наконечника иглы d для солей и щелочи (см. рис.3), а также кислот (см. рис.4).

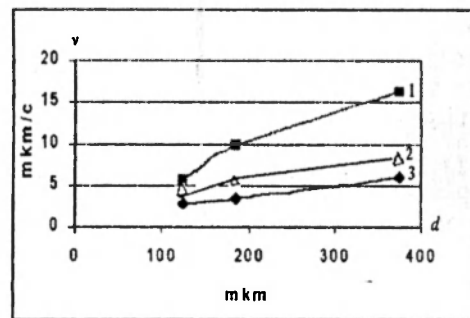


Рис.3. График зависимости скорости потоков в электролитах v от размера диаметра наконечника ферромагнитной иглы d , где внешнее постоянное магнитное поле 80 кА/м приложено вдоль иглы, кривая 1 соответствует раствору KI , 2 - $NaOH$, 3 - $NaCl$

Как и в экспериментах с ферромагнитными насадками - иглами, так и в экспериментах с ферромагнитными насадками -, железными шариками скорость потока жидкости тем больше, чем больше размер ферромагнитной насадки.

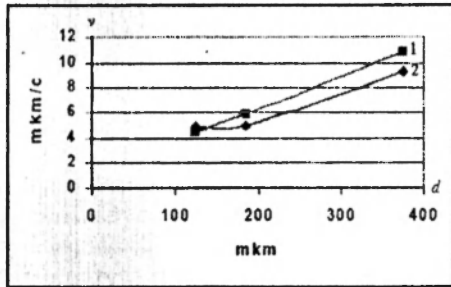


Рис.4. График зависимости скорости потока в электролитах v от размера диаметра наконечника ферромагнитной иглы a , где внешнее постоянное магнитное поле 80 кА/м приложено вдоль иглы, кривая 1 соответствует раствору H_2SO_4 , 2 - HCl

Во второй серии экспериментов изучались потоки модельных электролитов в окрестности шарообразных высокоградиентных ферромагнитных насадок. Направления потоков 12-процентного раствора KI и разбавленной кислоты H_2SO_4 с $pH=1,2$ в окрестности ферромагнитного шара размером 1125 мкм , помещенного во внешнее магнитное поле 80 кА/м , показаны на рис.5 и 6, из которых видно, что направление движения раствора соли KI также как и раствора соли $NaCl$ прямо противоположно направлению движения разбавленной кислоты H_2SO_4 .

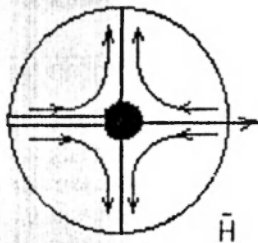


Рис.5. Направление потоков 12-процентного раствора KI в окрестности ферромагнитного шара размером 1125 мкм , помещенного во внешнее постоянное магнитное поле 80 кА/м

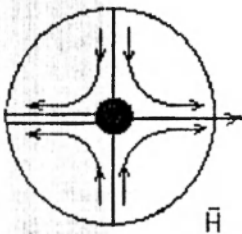


Рис.6. Направления потоков разбавленной кислоты H_2SO_4 с $pH=1,2$ в окрестности ферромагнитного шара размером 1125 мкм , помещенного во внешнее постоянное магнитное поле 80 кА/м

Необходимо отметить, что в работе [2] исследовалось направление потока раствора соли бромистого лантана ($LaBr_3$). При этом направление

потока раствора $LaBr_3$ не совпадает с направлением потоков для солей KI и $NaCl$, а совпадает с направлением потоков для исследованных разбавленных кислот.

Кроме того, изучалось движение вышеуказанных модельных электролитов в окрестности цепочек, состоящих из двух, трех, семи ферромагнитных шариков диаметром порядка 500 мкм, приклеенных на медную проволоку в два раза меньшего диаметра. Расстояния между отдельными элементами ВГФН брались порядка диаметра этого элемента. Схематический вид образующихся потоков модельных жидкостей в случае двух шариков представлен на рис.7.



Рис.7. Направления потоков разбавленной кислоты H_2SO_4 с $pH = 1,2$ в окрестности двух ферромагнитных шариков диаметром порядка 500 мкм, приклеенных на медную проволоку в два раза меньшего диаметра и помещенных во внешнее постоянное магнитное поле 80 кА/м

Для трех и семи шариков картина движения жидкости между шариками аналогичная.

Эксперименты, аналогичные вышеописанным, были проведены при использовании в качестве модельной жидкости дистиллированной воды. В результате было обнаружено отсутствие потоков жидкости с теми же примесями. Как показывают стандартные методы расчета восприимчивости растворов [4], в данных случаях диамагнитные свойства дистиллированной воды и описанных выше растворов отличаются на величину порядка 5 %. При этом в качестве примесных частиц применялись частицы с самой разной диамагнитной восприимчивостью. Следовательно, можно сделать вывод, что наблюдается не диамагнитофорез примесных частиц [5], а направленные потоки растворов, увлекающие за собой диамагнитные примесные частицы, которые являются только индикаторами движения модельных электролитов.

Итак, направление образующихся в окрестности ВГФН потоков модельных электролитов зависит не только от свойств и покрытий насадок, как показано в работе [1], но и от свойств исходных веществ, входящих в исследуемый раствор. Необходимо также отметить, что направления потоков не зависят от класса веществ, так как для различных солей, направления стационарных потоков не совпадают, а зависят от конкретных ионов, входящих в раствор.

Таким образом, используя системы насадок с различными покрытиями, состоящими из различных исходных составляющих, учитывая свойства сепарируемых сред, можно управлять потоками электролитов в окрестности ВГФН в постоянном магнитном поле для создания новых средств очистки и сепарации рабочих сред.

Список литературы

1. Образование стационарных потоков жидкости в окрестности ферромагнитной частицы в постоянном магнитном поле / С.В. Горобец, Ю.П. Горобец, Ю.М. Пименов, И.О. Мельничук // Науковий вісник НГА України. – 1998. – №3. – С.67-69.
2. Горобец С.В., Мельничук И.О. Стационарные потоки жидкости в окрестности ферромагнитной иглы в постоянном магнитном поле / Вісник Сумського держ. ун-ту. – 1999. – Вип.2(13). – С.25–28.
3. Горобец С.В., Пименов Ю.М. Установка для исследования взаимодействия насадок магнитных фильтров с неферромагнитными частицами / Наука производству, – 1998. – № 4. – С.28–31.
4. Вонсовский С. В. Магнетизм, – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1971. – 1032 с.
5. Плявинь Ю.А., Блум Э.Я. Магнитные свойства, пара- и диамагнитный фрез клеток крови при высокоградиентной магнитной сепарации // Магнитная гидродинамика. – 1983. – № 4. – С.3–8.

Надійшла до редколегії 27.05.00