2. Дзязько Ю. С. Извлечение ионов Ni (II) из разбавленных растворов комбинированным методом ионного обмена и электродиализа / Ю. С. Дзязько, Л. М. Рождественская, А. В. Пальчик // Журн. прикл. химии. – 2005. – Т.78, № 3. – С. 418–424.

3. Dzyazko Y.S. Electrodeionization of low-concentrated multicomponent Ni2+-containing solutions using organic-inorganic ion-exchangers / Y.S. Dzyazko, L.N. Ponomaryova, L.M. Rozhdestvenskaya et al. // Desalination – 2014. –V. 342. – P. 52-60.

4. Dzyazko Yu.S. Composite ion-exchangers based on flexible resin containing zirconium hydrophosphate for electromembrane separation / Yu. S. Dzyazko, Y.M. Volfkovich, L.N. Ponomaryova et al. // J. Nanosci. Technol. − 2016. − V. 2, N 1. − P. 43-49.

5. Helfferich F. Ion Exchange / Fridrich Helfferich. – New Vork, USA : Dover, 1995. – P. 250–322, 339–420.

УДК 661.343

Т.Н. Останина, И.И. Галиева, В.М. Рудой, И.В. Котельников
(ВГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург)

ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКИХ ПОРОШКОВ НИКЕЛЯ ЭЛЕКТРОЛИЗОМ

Синтез новых и улучшение свойств известных материалов, используемых в качестве электродов для твердооксидных топливных элементов (SOFS), имеет большое значение. Одними из самых востребованных в настоящее время являются никелькерметы Ni/YSZ, при изготовлении которых используют порошок никеля. Несомненным достоинством электролитического метода получения металлических порошков является разветвленная форма дендритных частиц. Применение электролитических порошков позволит достичь удовлетворительной проводимости керамических образцов при меньшем содержании никеля по сравнению с частицами сферической формы.

Варьирование условий получения никелевого порошка на электроде: использование разбавленных растворов, увеличение тока, позволяет получить частицы размером 70-80 мкм. Однако при изготовлении композиционных материалов необходимы разветвленные частицы размером 2-3 мкм, что требует поиска новых методов и режимов получения порошков. Перспективным способом является диспергирование высокодисперсных частиц никеля на катоде, которое возможно в условиях высоких токов и интенсивного выделения газообразного водорода. При интенсивном выделении пузырьков газообразного водорода и плохой адгезии рыхлого осадка с электродом происходит механический отрыв частиц металла, диспергирование осадка [1].

Целью настоящей работы было исследование влияния состава электролита и материала катода на процесс диспергирования дендритных частиц никеля.

Рыхлые осадки никеля получали на титане и алюминии из электролитов, содержащих 0,05 моль/л $NiSO_4$ (электролит №1) и 0,05 моль/л $NiCl_2$ (электролит №2), а в качестве фона 0,62 моль/л NH_4Cl и 2,22 моль/л NaCl. Значение pH исходных растворов составляло 3,5-3,6.

Для изучения процесса диспергирования осадков никеля использовали установку, которая позволяла фиксировать процесс роста осадка на видеокамеру Sony DSR-200SE, проводить электрохимические измерения с помощью потенциостата Zive SP5 и осуществлять сбор газообразного водорода в бюретку, соединенную с воронкой, расположенной над рабочим электродом. Осадки никеля получали при постоянном токе (I), величина которого была выше предельного диффузионного тока (I_d) в Ки = I/I_d раз (Ки = 50 и 100). Рабочие электроды штырькового типа были изготовлены из титановой (d_0 = 3,0 мм, H = 10 мм) и алюминиевой (d_0 = 2,5 мм, H = 11 мм) проволоки. В качестве вспомогательного электрода использовали ОРТА.

Анализ видеозаписи (рис. 1) позволил определить размер пузырьков водорода и оценить размер отрывающихся частиц никеля.

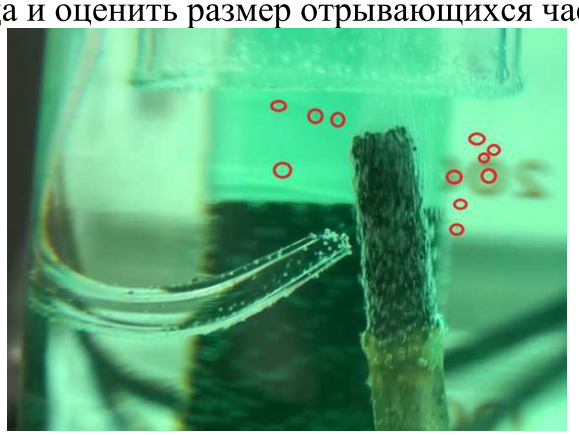


Рисунок 1 – Кадр видеозаписи процесса диспергирования никеля из сульфатного раствора. Материал электрода – алюминий. Время электролиза 20 минут.

По объему выделившегося газа определяли выход по току водорода, а затем никеля. Используя закон Фарадея, рассчитывали массу осадка никеля (m_{Ni}). Для определения массы диспергированного металла ($m_д$) после окончания электролиза электролит фильтровали, осадок на фильтре промывали и сушили. Долю диспергированного металла рассчитывали как отношение: $\omega_д = m_д / m_{Ni}$.

Условиями повышения интенсивности процесса диспергирования является, во-первых формирование тонких хрупких дендритных

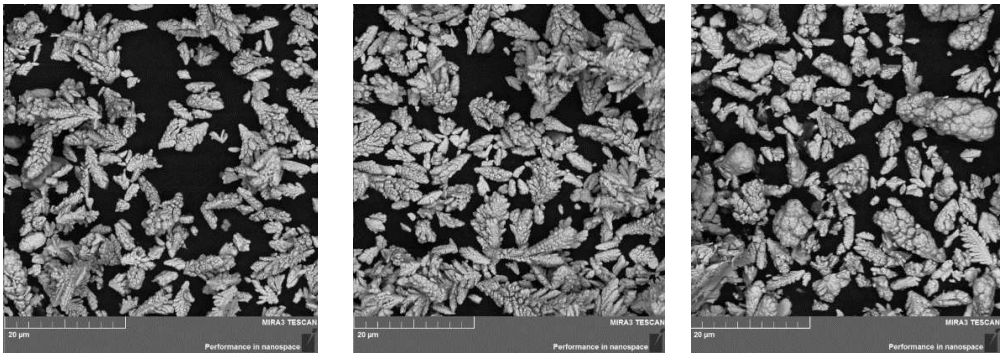
частиц никеля, плохо связанных с электродом, и, во-вторых, большое количество пузырьков водорода. В связи с этим электролиз проводили при высоких токах и на чужеродных подложках (алюминий и титан). Вследствие интенсивного выделения водорода наблюдали увеличение pH электролита у поверхности электрода вплоть до pH гидратообразования. Адсорбция труднорастворимых соединений на поверхности электрода способствовала снижению сил адгезии дендритных частиц никеля с подложкой.

Доля диспергированных частиц на титановом катоде увеличивается при повышении заданного тока, а также при переходе от электролита, содержащего сульфат никеля (№1) к электролиту с хлоридом никеля (№2) (таблица 1). Время диспергирования составило 30 минут и, практически, не зависело от состава раствора.

Влияние материала катода на процесс диспергирования никеля изучали в электролите, содержащем сульфат никеля (№1). При использовании катода из алюминия доля диспергированных частиц была выше, чем на титановом катоде (таблица 1)

Таблица 1 – Влияние состава электролита, коэффициента истощения и материала катода на выход по току водорода и параметры процесса диспергирования

Раствор	Катод	Ки	$Вт_{H_2}$	$\omega_д$, %	Размер пузырьков водорода, мм
1	Ti	50	0,39	21,3	0,22
		100	0,52	34,3	0,20
2	Ti	50	0,36	24,4	0,30
		100	0,79	97,0	0,33
1	Al	50	0,22	27.7	0,03
		100	0,62	87.0	0,03



а б в

Электролит: а, в – 1; б – 2

Рисунок 1 – Диспергированные частицы никеля полученные на титановом (а,б) и алюминиевом (в) катодах при Ки= 100

Диспергированные частицы никеля, полученные на титановом катоде из исследованных электролитов, имеют форму вытянутых дендритов с близко расположенными ветвями (рис. 1, а и б). Размер частиц изменяется от 5 до 10 мкм, однако имеется фракция и более мелких частиц.

Частицы, полученные на алюминиевом катоде, имели более округлую и менее вытянутую форму, по сравнению с частицами, полученными на титановом электроде. При этом количество крупных частиц размером 20 мкм увеличилось.

Таким образом, частицы никеля размером 5-15 мкм могут быть получены диспергированием на титановом и алюминиевом катоде из исследованных электролитов. Для повышения эффективности процесса (увеличение доли диспергированных частиц в общей массе рыхлого осадка) необходимо использовать высокие токи (Ки>100).

Проведенные исследования (частично) выполнены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Состав вещества» ИВТЭ УрО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1 Т.Н. Останина, А.В. Патрушев, В.М. Рудой, А.В. Верещагина, В.С. Никитин, А.С. Фарленков Влияние состава электролита на электрокристаллизацию дендритных осадков цинка. Известия СПбГТИ (ТУ), 2015, № 27, С. 22-27.

УДК 628.16.087

А.В. Перфильева, вед. инж.; канд. техн. наук;
В.И. Ильин, вед. научн. сотр., канд. техн. наук;
В.А. Бродский, ст. науч. сотр., канд. хим. наук;
Р.В. Якушин, ст. преп., канд. техн. наук
(РХТУ им. Д.И. Менделеева, г. Москва)

ЭЛЕКТРОФЛОТАЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ МАЛОРАСТВОРИМЫХ СОЕДИНЕНИЙ ХРОМА (III) В СОСТАВЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ

В практике очистки сточных вод гальванохимических производств крайне редко встречаются системы, содержащие ионы одного металла. Сточные воды зачастую обрабатываются в общем потоке и поэтому содержат как минимум ионы двух-трёх металлов, которые образуют малорастворимые соединения при различных значениях pH, в частности гидроксиды и гидратированные оксиды. При этом, значе-