удк 621.357.7

**Регрессионный анализ процесса никелирования**

**в низкоконцентрированном ХЛОРИДНОм ЭЛЕКТРОЛИТе**

Балакай К.В., студент; Балакай В.И., зав. каф., профессор, д.т.н.

*(Южно-Российский государственный технический университет*

*(Новочеркасский политехнический институт), г. Новочеркасск, Россия)*

Применение разбавленных электролитов отвечает требованиям охраны окружающей среды, так как позволяет снизить содержание ионов тяжелых металлов в сточных водах и в атмосфере и даже создать малоотходные и безотходные технологии. Значительный экономический эффект может быть получен за счет уменьшения расхода реактивов на приготовление и корректировку электролита, снижения материальных и энергетических затрат на очистку сточных вод, а в некоторых случаях возможно получение покрытия с новыми функциональными свойствами.

Снижение концентрации ионов электроосаждаемого металла в классических электролитах отрицательно влияет на скорость процесса. В таких электролитах, разбавленных по основному компоненту, покрытия хорошего качества получаются только при низких скоростях осаждения [1]. Поэтому применение разбавленных электролитов должно сопровождаться использованием эффективных способов интенсификации процесса электроосаждения.

Разработку низкоконцентрированного электролита никелирования проводили с использованием в качестве основного компонента хлорида никеля, что имеет ряд преимуществ перед широко используемыми в промышленности сульфатными электролитами.

Предварительные исследования показали, что предельная рабочая плотность тока и выход по току никеля зависят не только от режимов электролиза, состава и концентрации компонентов в электролите, но также от методики приготовления электролита, в частности, борную кислоту надо растворять первой при температуре, близкой к температуре кипения воды. Кроме того, в электролите концентрацию борной кислоты следует повышать до предела ее растворимости при 40 оС. Показано, что при увеличении концентрации борной кислоты и введении блескообразователя в низкоконцентрированный хлоридный электролит никелирования предельная рабочая плотность тока увеличивается. Для исследования влияния концентрации борной кислоты и способа приготовления электролита на предельные рабочие плотности тока и поляризацию при выделении никеля использовали низкоконцентрированный хлоридный электролит состава, г/л: хлорид никеля шестиводный 100, сульфат никеля семиводный 7, гликолят калия 6, борная кислота 30 – 46.

Использовали матрицу планирования эксперимента 2 4-1 (табл. 1). Изучали влияние содержания в электролите борной кислоты (х1), температуры (оС) ее введения, а также введения солей никеля и стабилизатора дисперсий (х2, х3, х4 соответственно) – на предельную рабочую плотность тока никелирования (Y1), А/дм2; поляризацию при этой плотности тока (Y2), мВ и стационарный потенциал в отсутствие внешнего тока (Y3), мВ. В качестве закрепленных факторов выбрали: 1) квалификацию всех реактивов – “химически чистый” или “чистый для анализа”; 2) рабочую температуру 40 оС; 3) начальное значение рН электролита 2,0. В процессе эксперимента постоянными были: соотношение площадей анода и катода (2:1).

Предельную рабочую плотность тока определяли в каждом электролите отдельно в электролизере объемом 100 мл с катодом площадью 0,025 дм2, осаждая при каждой плотности тока покрытия толщиной 10 мкм. Был принят следующий порядок приготовления электролита: в дистиллированную воду, нагретую до температуры, указанной в матрице, вводили необходимое количество борной кислоты. Растворив ее, вводили при температуре, разной для разных опытов матрицы, соли никеля. Затем, при температуре от 40 до 60 оС в электролит вводили блескообразователь и доводили объем и рН до необходимых. Через трое суток повторно доводили рН до 2,0 и проводили электролиз.

После статистической обработки результатов эксперимента были получены уравнения регрессии, адекватно отражающие реальный процесс:

– с доверительной вероятностью 90 %: Y1 = 22,3 + 2,8х2 + 2,3х4;

– с доверительной вероятностью 95 %: Y2 = 6,3 – 69х1;

– с доверительной вероятностью 88 %: Y3 = – 126 – 11х1.

Таблица 1 – Матрица планирования эксперимента.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | Концентрация борной кислоты, г/л, х1 | Температура введения компонентов, оС: | | | Y1, А/дм2 | Y2  при У1, мВ | Y3,  мВ |
| борной кислоты, х2 | солей никеля, х3 | гликолята калия, х4 |
| 1 | – (30) | – (60) | – (60) | – (40) | 20 | – 560 | – 112 |
| 2 | + (46) | + (100) | – (60) | – (40) | 18 | – 570 | – 121 |
| 3 | + (46) | – (60) | + (100) | – (40) | 18 | – 610 | – 114 |
| 4 | + (46) | – (60) | – (60) | + (60) | 26 | – 665 | – 119 |
| 5 | – (30) | + (100) | + (100) | – (40) | 24 | – 640 | – 133 |
| 6 | – (30) | + (100) | – (60) | + (60) | 26 | – 710 | – 118 |
| 7 | – (30) | – (60) | + (100) | + (60) | 14 | – 575 | – 98 |
| 8 | + (46) | + (100) | + (100) | + (60) | 32 | – 695 | – 165 |
| 9 | 38 | 80 | 80 | 50 | 28 | – 700 | – 106 |
| 10 | 38 | 80 | 80 | 50 | 26 | – 690 | – 106 |
| 11 | 38 | 80 | 80 | 50 | 28 | – 660 | – 136 |
| 12 | 38 | 80 | 80 | 50 | 28 | – 705 | – 127 |

Уравнения указывают, что при содержании одинакового количества хлорида никеля и гликолята калия в электролите предельная рабочая плотность тока зависит от температуры растворения борной кислоты (х2), гликолята калия (х4) и возрастает с их увеличением; поляризация электрода при предельной рабочей плотности тока увеличивается при увеличении концентрации борной кислоты в электролите; стационарный потенциал сдвигается в отрицательную сторону при увеличении концентрации борной кислоты в электролите.

Интенсификация никелирования в данном случае, по-видимому, связана с образованием тонких дисперсий комплексов никеля с борной кислотой и органическим анионом [2], труднорастворимых в отсутствие избытка лигандов, и влиянием их на электроосаждение никеля, как это описано в [3]. Предельные рабочие плотности тока возрастают при температуре 40 оС до 32 А/дм2 при содержании ионов никеля 25 г/л. Выход по току никеля при этом составляет 91 – 93 %. Таким образом, показано, что на предельную рабочую плотность тока и поляризацию выделения никеля из низкоконцентрированного хлоридного электролита оказывает влияние как способ приготовления, так и концентрация борной кислоты в данном электролите.

Перечень ссылок

1. Faiweather W.A. Low temperature, low conсentration bright nickel process-gimmich or practicable solution // Prod. Finishing. – 1977. – V. 30, № 5. – P. 21.

2. Реми Г. Курс неорганической химии. – Т. 2. – М.: Мир, 1966. – 836 с.

3. Кудрявцева И.Д., Кукоз Ф.И., Балакай В.И. Электроосаждение металлов из электролитов-коллоидов // Итоги науки и техники. – М.: ВИНИТИ 1990. – Т. 33. – С. 50 – 85.