

THE ELECTROCHEMICAL BEHAVIOR OF NICKEL ELECTRODES DURING POLARIZATION ALTERNATING CURRENT IN A HYDROCHLORIC ACID SOLUTION

A. B. Baeshov¹, G. S. Bekenova²

¹Institute of Organic Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky, Almaty, Kazakhstan,

²University named after Suleiman Demirel, Kaskelen, Kazakhstan

E-mail: Bayeshov@mail.ru; najen@mail.ru

Key words: electrode, current efficiency, alternating current, electrolysis.

Abstract. Nowadays nonferrous metal industry is interested in using hydrometallurgical processes which are more cost-effective and ecologically-safety than pyrometallurgical ones. The demand for nickel and its alloys which are widely used in everyday life and industrial processes is increasing rapidly. By studying the ways of getting needed compounds by melting nickel in metal type or solid wastes containing nickel, we can not only increase the resources of this metal but also decrease the production cost of its components.

The article studied the electrochemical behavior of nickel electrode polarization at AC power frequency in hydrochloric acid solution. The influence of the main parameters of the output current dissolution is investigated. It has been established that the maximum value of current efficiency of dissolution of nickel reaches 120 A / m², which shows the effectiveness of the electrochemical method for obtaining the compound of nickel.

УДК 541.13

АЙНЫМАЛЫ ТОКПЕН ПОЛЯРИЗАЦИЯЛАНҒАН НИКЕЛЬ ЭЛЕКТРОДТАРЫНЫҢ ТҰЗ ҚЫШҚЫЛЫ ЕРІТІНДІСІНДЕГІ ҚАСИЕТІ

Ә. Б. Баешов¹, Г. С. Бекенова²

¹Д. В. Сокольский атындағы Органикалық катализ және
электрохимия институты, Алматы, Қазақстан,

²Сүлеймен Демирел атындағы университет, Қаскелен, Қазақстан

Тірек сөздер: электрод, ток бойынша шығым, айнымалы ток, электролиз.

Аннотация. Бұл мақалада, никельдің өндірістік жиіліктегі айнымалы токпен, тұз қышқылы ерітіндісінде поляризациялау кезіндегі электрохимиялық қасиеттері алғаш рет жан-жақты зерттелді. Никельдің аталмыш ортадағы электрохимиялық еруінің ток бойынша шығымына әртүрлі параметрлердің әсерлері зерттеліп, оптималды жағдайда есептелген никельдің еруінің ток бойынша шығымы 1 М тұз қышқылы ерітіндісінде 120 %-ға жететіні анықталды. Алынған нәтижелер никель қосылыстарын электрохимиялық жолмен алудың тиімділігін көрсетеді.

Никельдің қосылыстарын белгілі әдістермен алу күрделі, қымбат және экологиялық тұрғыдағы талаптарға сай бола бермейді. Сондықтан никельдің бейорганикалық қосылыстарын алудың арзан әрі тиімді қарапайым әдістерін табу, қазіргі күнгі шешілмеген сұрақтардың бірі болып отыр.

Алдын-ала жүргізілген зерттеулер никельдің қосылыстарын алудың перспективті әдістерінің бірі – никельдің металл түріндегі қалдықтарын электрохимиялық жолмен, айнымалы токпен поляризациялау арқылы сулы ерітінділерде ерітіп алу болып табылатындығын көрсетіп отыр.

Қазіргі кезде әртүрлі металдардың өндірістік айнымалы токпен поляризациялау кезіндегі электрохимиялық қасиеттері жан-жақты зерттелуде [1-3]. Алайда, әдебиетте никель электродтарын жоғарыда көрсетілген өндірістік айнымалы токпен поляризацияланған кездегі электрохимиялық қасиеттері туралы мәліметтер мүлдем жоқтың қасы.

Никельдің тұз қышқылы ерітінділеріндегі электрохимиялық қасиеттеріне әртүрлі параметрлердің: айнымалы ток тығыздығының, қышқыл концентрацияларының, электролиз ұзақтығы мен электролит температураларының елеулі әсер ететіндігі көрсетілді.

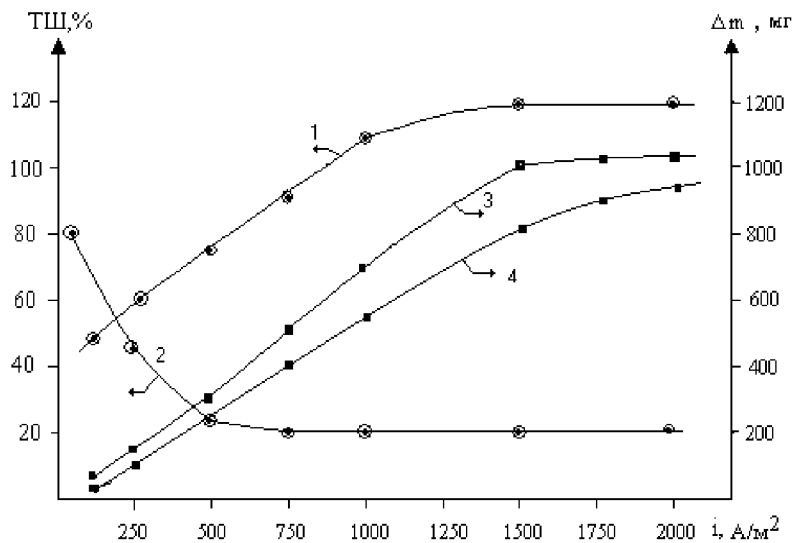
Алынған нәтижелер және оларды талқылау

Зерттеу жұмыстары барысында тұз қышқылы ерітінділеріндегі айнымалы токпен поляризацияланған екі никель электродының еруінің ток бойынша шығымына және еру мөлшеріне: айнымалы ток тығыздығының, қышқыл концентрациясының, электролиз ұзақтығының және электролит температурасының әсерлері қарастырылды.

Алдын-ала жүргізілген зерттеулер бойынша айнымалы токпен никель электродын қышқылды ортада поляризациялағанда оның еруі жүретіндігін көрсетті. Сол себепті тұз қышқылы ерітіндісінде айнымалы ток тығыздығын 100-2000 А/м² арттырғанда никель электродтарының еруінің ток бойынша шығымы 45 %-дан 120 %-ға дейін өскендігін байқауға болады (1-сурет, 1-қисық). Электродтарды поляризацияламай 30 минут 3 М тұз қышқылына салып қойғанымызда, 15,6 миллиграмм никель еріді. Ал айнымалы токпен поляризацияланған никель электродтарындағы ток тығыздығы 2000 А/м² болғанда, жоғарыда көрсетілген уақытта 1200 мг, ал тұрақты ток кезінде анодты поляризациялағанда - 200 мг металл иондары ерітіндіге өтеді.

Сондай-ақ, салыстыру мақсатында тұрақты токпен поляризациялау арқылы электролиз жүргізілді. Анодтағы ток тығыздығының өсуі никель электродтарының еруінің ток бойынша шығымын төмендететіні анықталды (1-сурет, 2-қисық). Никель электродтарының тұз қышқылы ерітіндісінде тұрақты анодты токпен поляризациялау кезінде еруінің ток бойынша шығымының төмендеуін, жоғары ток тығыздықтарында электродтардың бетінде қосымша реакциялардың жүру жылдамдығының артуымен және металдың пассивациялануымен түсіндіруге болады.

Никель электродының тұз қышқылды ортада еру мөлшеріне ток тығыздығының әсері 1-сурет, 3-4 қисықтарда көрсетілген. Айнымалы токпен поляризациялау кезінде никель электродтарының еруінің ток бойынша шығымының 100 %-дан жоғары болуын, оның потенциалы теріс металл ретінде химиялық жолмен де еруімен түсіндіруге болады.



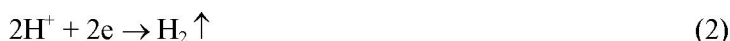
$\tau=0,5$ с; $t=25^{\circ}\text{C}$; $[\text{HCl}]=1\text{M}$.

1-сурет – Никель электродындағы айнымалы (1, 3) және анодтағы (2, 4) ток тығыздықтарының электродтың еру мөлшеріне (3, 4) және оның еруінің ток бойынша шығымына (1, 2) әсері

Екі никель электродын тұз қышқылы ерітіндісіне салып, айнымалы токпен поляризациялаған кездегі еруін былай түсіндіруге болады: Әрбір никель электроды, айнымалы токтың анод жартылай периодында 1-реакция негізінде металл иондарын түзе ереді.



Ал айнымалы токтың катод жартылай перидында электр потенциалы теріс және тотықсыздану аса кернеулігі жоғары болғандықтан, түзілген никель иондары қайта тотықсыздана алмайды. Нәтижесінде, катодты жартылай периодында сутегі иондарының разрядталуы ғана жүреді (2-реакция).



Электролиз нәтижесінде никельдің бағытталған еруі байқалады, ал түзілген никель иондары ерітіндідегі Cl^- иондарымен әрекеттесіп никель (II) хлориді түзілді (3-реакция).

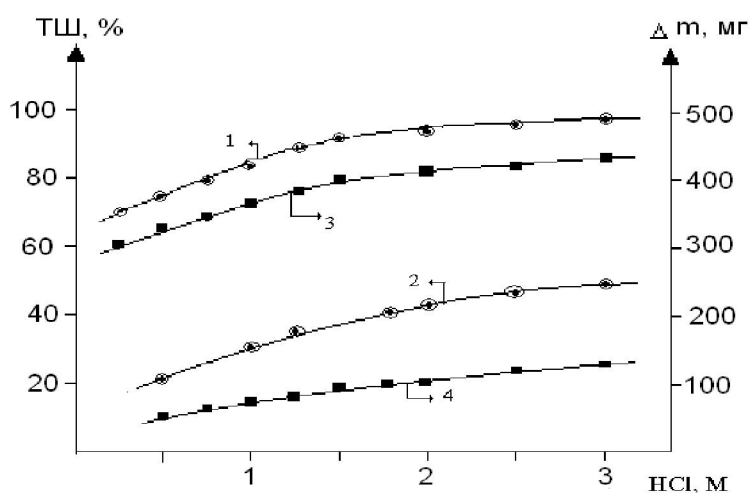


Гидратталған никель (II) хлориді жасыл түс береді [4].

Егер назар аударатын болсақ, ток тығыздығы 1000 A/m^2 және одан да жоғарғы мәндерге ие болғанда, никельдің еруінің ТШ және еру мөлшері айнымалы токпен поляризациялау кезінде, тұрақты токпен салыстырғанда 2-5 еседен аса жоғары екендігін байқауға болады.

Әдетте, металдардың анодты еруі, металл бетіндегі оксидтердің немесе қиын еритін тұздардың түзілуімен күрделене түседі. Тәжірибелер кезінде қышқылдығы орташа ерітінділерде никельдің анодтық еруі баяулап, пассивацияланады, яғни тежелу байқалады. Алайда, электролит құрамында хлор иондарының болуы никель анодындағы пассивацияны жоюға мүмкіндік береді. Хлор иондары анодта адсорбцияланып, оттегі атомдарының адсорбциясына кедергі жасайды [5]. Мұндай тұжырымдаманың дұрыстығына, хлор иондары концентрациясын арттыру кезінде, никельдің еруінің ток бойынша шығымының жоғарылауы дәлел болып табылады.

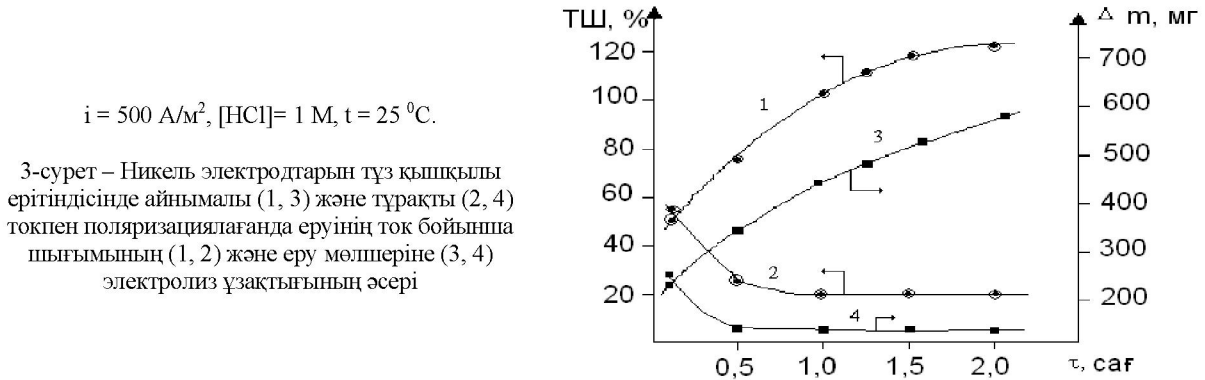
2-суретте, ерітіндідегі тұз қышқылы концентрациясының, никель элек-тродтары еруінің ток бойынша шығымына әсері көрсетілген. Зерттеу нәтижелері бойынша, тұз қышқылы концентрациясын 0,5-3 М-ға дейін арттырғанда айнымалы токпен поляризацияланған никель электродтары еруінің ток бойынша шығымы 70 %-дан 98 %-ға дейін жоғарылады (2-сурет, 1-қисық). Сондай-ақ, тұрақты токпен анодты поляризациялау кезінде қышқыл концентрациясын арттыру, еріген никель электродтарының еруінің ток бойынша шығымын 21 %-дан 48 %-ға дейін жоғарылатты (2-сурет, 2-қисық).



$i = 500 \text{ A/m}^2$; $\tau = 0,5 \text{ сар}$; $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$.

2-сурет – Айнымалы (1, 3) және тұрақты (2, 4) токпен поляризацияланған никель электродтарының еруінің ток бойынша шығымына (1, 2) және еру мөлшеріне (3, 4) тұз қышқылы концентрациясының әсері

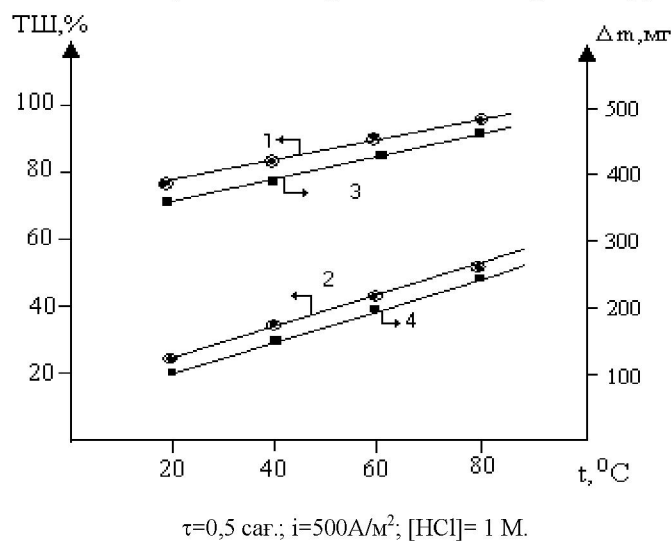
Тұз қышқылы ерітіндісінде электролиз ұзақтығының никель электродтары еруінің ток бойынша шығымына әсері 3-суретте көрсетілген. Тұз қышқылы ерітіндісінде айнымалы ток тығыздығын 500 A/m^2 , электролиз ұзақтығын 0,1-2,0 сағатқа дейін жоғарылатқанда никель электроды еруінің ток бойынша шығымы 50 %-дан 122 %-ға дейін артты (3-сурет, 1- қисық).



Электролиз ұзақтығын арттырған сайын никель электродтары еруінің ток бойынша шығымының артуын, электрод бетіндегі оксидтік қабаттың уақыт өткен сайын катодты жартылай периодта тотықсызданып, никельдің активті күйге өтіп потенциалы теріс металл ретінде қышқыл ерітінділерде еруімен түсіндіруге болады. Сонымен қатар тұрақты токпен поляризациялау кезінде электролиз ұзақтығының никель электродының еруіне әсерін қарастырдық. Мұнда никель электроды еруінің ток бойынша шығымы 56 %-дан 22 %-ға дейін төмендеуі байқалады. Мұны анодты поляризацияланған никель электродтарының пассивтенуімен түсіндіреміз (3-сурет, 2-қисық).

Никель электродының тұз қышқылды ортада еруіне электролиз ұзақ-тығының әсерінен электрод массасының өзгеруі 3-сурет, 3-4 қисықтарда көрсетілген. Айнымалы токпен поляризацияланған никель электродының еруі, тұрақты токпен салыстырғанда 3-4 есе жоғары.

Тұз қышқылы температурасының никель электродтары еруінің ток бойынша шығымына және еру жылдамдығына әсері 4-суретте көрсетілген. Зерттеу нәтижелері бойынша 500 A/m^2 айнымалы ток тығыздығында ерітінді температурасын $20\text{-}80 \text{ }^\circ\text{C}$ дейін жоғарылатқанда никель электродтары еруінің ток бойынша шығымы 75 %-дан 95 %-ға дейін артты (4-сурет, 1-қисық). Сондай-ақ тұрақты токта ерітінді температурасын көтеру кезінде де ток бойынша шығымның жоғарылауы байқалды (4-сурет, 2-қисық). Никель электродының тұз қышқылды ортада еруіне электролит темпера-



4-сурет – Тұз қышқылы ерітіндісінде айнымалы (1, 3) және тұрақты (2, 4) токпен поляризациялау кезіндегі никельдің еруінің ток бойынша шығымына (1, 2) және еру мөлшеріне (3, 4) электролит температурасының әсері

турасының әсерінен электрод массасының кемуі 4-сурет, 3-4 қисықтарда көрсетілген. Бөлме температурасында зерттеу жағдайында 350 мг металдық никель ерісе, электролиті 80 °С дейін жоғарылатқанда 490 мг никель ерітіндіге өтті. Ерітінді температурасы жоғарылаған сайын ток бойынша шығымның сызықты түрде артып отырғанын көреміз. Температуралы-кинетикалық ($\lg i - 1/T \cdot 10^3$) әдіспен анықталған активтендіру энергиясының орташа мәні $E_{\text{акт}}=3,75$ кДж/моль-ге тең болды. Бұл никельдің еруінің диффузиялық жағдайда жүретіндігін көрсетеді.

Қорыта келгенде никельдің өндірістік жиіліктегі айнымалы токпен, тұз қышқылы ерітіндісінде поляризациялау кезіндегі электрохимиялық қасиеттері алғаш рет жан-жақты зерттелді. Никельдің аталмыш ортадағы электрохимиялық қасиеттеріне әртүрлі параметрлердің: айнымалы ток тығыздығының, қышқыл концентрацияларының, электролиз ұзақтығы мен электролит температураларының елеулі әсер ететіндігі көрсетілді. Оптималды жағдайда есептелген никельдің еруінің ток бойынша шығымы 1 М тұз қышқылы ерітіндісінде 120 %-ға жететіні анықталды. Бұл нәтижелер никель қосылыстарын алуда айнымалы токты пайдаланудың экономикалық және экологиялық тиімді екендігін көрсетті.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Баешов А.Б., Сарбаева Г.Т., Баешова А.К., Журинов М.Ж. Электрохимическое поведение свинца в водных растворах при поляризации промышленным переменным током // Поиск. – 1996. – № 1. – С. 7-12.
- [2] Жылысбаева Г.Н., Баешов А.Б., Бейбитова А. Исследование электро-химических процессов при поляризации медных электродов переменным током в кислых растворах // КИМС. – 1996. – № 6. – С. 34-38.
- [3] Баешов А.Б., Сулейманова Д.З., Сарбаева Г.Т. Растворение биполярного титанового электрода при поляризации переменным током // В кн: Вестник КазГУ, Серия химическая. – Вып. 2. – Алматы, 1995. – С. 22-28.
- [4] Хайфец В.А., Грань Т.В. Электролиз никеля. – М.: Metallurgiya, 1975. – 333 с.
- [5] Каплан Б.Я., Пан Р.Г. Вольтамперометрия переменного тока // Методы аналитической химии. – М.: Химия, 1985. – 264 с.

REFERENCE

- [1] Baeshov A.B., Sarbaeva G.T., Baeshova A.K., Zhurinov M.Zh. Electrochemical behavior of lead in aqueous solutions with industrial alternating current polarization. *Poisk*, 1996, 1, 7-12. (in Russ.).
- [2] Zhylysbayeva G.N., Baeshov A.B., Beibitova A. Study on the electro-chemical processes with copper electrodes polarization by alternating current in acidic solutions. *KIMS*, 1996, 6, 34-38. (in Russ.).
- [3] Baeshov A.B., Suleimanova D.Z., Sarbayeva G.T. Dissolution of the bipolar titanium electrode with polarization by alternating current. In book: *KazNU Bulletin, Chemical series* .Num.2. *Almaty*, 1995. S.22-28. (in Russ.).
- [4] Heifez V.A., Gran T.V. Nickel electrolysis. *M.: Metallurgiya*, 1975. 333 p. (in Russ.).
- [5] Kaplan B.Ja., Pan R.G. Voltammetry of alternating current // *Methods of analytical chemistry*. *M.: Himija*, 1985. 264 p. (in Russ.).

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ НИКЕЛЕВЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ПРИ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ В РАСТВОРЕ СОЛЯНОЙ КИСЛОТЫ

А. Б. Баешов, Г. С. Бекенова

¹D. V. Sokolsky Institute of Organic Catalysis and Electrochemistry, Almaty, Kazakhstan,

²Университет им. Сулеймана Демиреля, Каскелен, Казахстан

Ключевые слова: электрод, выход по току, переменный ток, электролиз.

Аннотация. Изучено электрохимическое поведение никелевого электрода при поляризации переменным током промышленной частоты в растворе соляной кислоты. Исследовано влияние основных параметров на выход по току растворения. Установлено, что максимальное значение выхода по току растворения никеля достигается 120 А/м², что показывает эффективность электрохимического метода при получении соединения никеля.

Поступила 08.01.2015 г.