

них умов експлуатації мембран при очищенні таких стічних вод необхідно розширити базу експериментальних досліджень, визначити тривалість гідроциклу і промивки, схему рециркуляції в установці та виконати оптимізацію процесу.

#### **Висновки**

1. Показано, що очищення стічних вод консервних виробництв, зокрема вод після барометричних конденсаторів, за допомогою зворотньоосмотичних мембран – перспективний напрямок підвищення ефективності використання води на цих підприємствах.

2. Визначено хімічний склад конденсатів сокової

пари, яка утворюється при концентруванні випаровуванням яблучного, виноградного та томатного соків.

3. Створено експериментальну установку та розроблено методику для дослідження процесу мембранного розділення стічних вод.

4. Встановлено закономірності впливу технологічних умов здійснення процесу мембранного очищення барометричних вод консервного виробництва на показники ефективності такого процесу.

5. Сформульовано напрямки подальших досліджень.

Поступила 08.2011

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Коваленко, О.О. Оцінка ефективності використання води на підприємствах харчової галузі [Текст] / О.О. Коваленко, О.Б. Василів, Т.П. Патік // Темат. зб. наук. пр. – Донецьк, 2010. Вип. 25. – С. 334 – 342.
2. Запольський, А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води [Текст]: Підруч. для студ. вищих навч. закладів / А. К. Запольський. – К.: Вища шк., 2005. – 671 с. – ISBN 966-642-234-4.
3. Полищук, Н.И. Водопользование на предприятиях пищевой промышленности [Текст] / Н.И. Полищук. - М.: Агропромиздат, 1989. – 127 с.: ил.
4. Томчинская, Я. Вода и сточные воды в пищевой промышленности [Текст] / Я.Томчинская, А.Кинтцель, М.Дудек, З.Заремба, Т.Вольский, С.Пастушинский, Ч. Забежевский, Б.Марциняк. - пер. с польск. – М., 1972. – 383 с.
5. Ожидается повышение тарифов на воду [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://misto.odessa.ua/index.php?u=novosti/odessa/nom,12912.html>.
6. Гореньков, Э.С. Оборудование консервного производства: переработка плодов и овощей [Текст] / Э.С. Гореньков, В.Л. Бибергал // Справочник. – М.: Агропромиздат, 1989. – 256 с.
7. Рябчиков, Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования [Текст] / Б. Е. Рябчиков. – М.: Дели принт, 2004. – 301 с. – ISBN -5-94343-066-0.
8. Андрианов, А.П. Анализ и оптимизация работы современных мембранных технологий при обработке вод из поверхностных источников. [Текст] / А.П. Андрианов, А.Г. Первов // Вода и водоочистные технологий, 2009, № 10-12.
9. Патік, Т.П. Використання мембранных технологий у вирішенні проблеми очищення стічних вод харчових виробництв [Текст] / Т.П. Патік // Вісник Одеської Державної академії будівництва та архітектури. Вип. № 42. – Одеса: Вид-во «Optimum», 2011. – С. 202 – 208.
10. Патік, Т.П. Проблеми та перспективи застосування мембранных технологий для очищення стічних вод харчових підприємств [Текст] / Т.П. Патік, Д.В. Мочернюк // 36. тез доповідей Всеукраїнської наук.-практ. конференції молодих учених, аспір. і студ. «Вода в харчовій промисловості». Одеса: ОНАХТ, 2011. – С. 101 – 102.

УДК 541.138

**АНДРЕЯНОВ А.Д., канд. хим. наук, доцент, КУЗНЕЦОВА И.А., канд. техн. наук, доцент**

Одесская национальная академия пищевых технологий

### **КВАНТОВОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ Nd НА ЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ТРОЙНЫХ ДИСПЕРСНЫХ СПЛАВОВ**

Установлена связь электрокаталитической активности сплавов Ni-Ti-Nd при переменном содержании неодима со значениями энергии Ферми их компонентов. Электрокаталитическая активность сплавов оценивалась по величине плотности тока методом суспензионного полуэлемента. Для расчета энергии Ферми различных металлов использовалась модель Зоммерфельда, в которой распределение электронов по скорости описывается статистикой Ферми-Дирака.

**Ключевые слова:** сплавы Ni-Ti-Nd, электрокаталитическая активность, энергия Ферми.

It was established the dependence of the electrocatalytic activity of alloys Ni-Ti-Nd at the variable contents of Nd with values of Fermi energy of their components. Electrocatalytic activity of alloys was estimated by density of the current, determined by the method of suspended half-element. For Fermi energy calculation of various metals Sommerfeld model, in which distribution of electrons by speed is described by Fermi-Dirac statistic was used.

**Keywords:** alloys Ni-Ti-Nd, the electrocatalytic activity, Fermi energy.

Целью данной работы было установление связи между электрокаталитическими активностями тройных дисперсных сплавов Ni-Ti-Nd в реакции электровосстановления кислорода и энергиями Ферми металлов, образующих эти сплавы.

Сплавы Ni-Ti-Nd были получены по методике [1]. Введение титана в тройной сплав упрочняет кристаллическую решетку никеля: энергия химической связи титана в его кристаллической решетке больше, чем энергия химической связи никеля в кристаллической решетке никеля [2]. Никель имеет гра-

нецентрированную кубическую (ГЦК) кристаллическую решетку, титан и неодим – гексагональную (ГЕК). Вследствие этого неодим и титан в сплавах с никелем искажают кристаллическую структуру никеля, увеличивают адсорбционную способность поверхности сплавов, что должно благоприятствовать росту их каталитической активности.

Известно, что титан образует твердые растворы на основе никеля в небольших пределах концентраций: до 0,095 мольных процентов [3]. Поэтому в исследуемых сплавах массовая доля титана была небольшой (6 %), а неодима - варьировала в пределах 5...80 %.

Сплавы никель-титан-неодим, используемые в качестве катализаторов электровосстановления кислорода, были исследованы методом суспензионного кислородного полуэлемента [4]. Это позволило выявить влияние содержания неодима на электрокаталитическую активность тройных сплавов и определить его оптимальную величину, соответствующую максимуму активности изучаемых сплавов.

Исследования проводили в электрохимической ячейке в растворе гидроксида калия с концентрацией 0,1 моль/дм<sup>3</sup> при барботаже кислородом. Объем раствора в ячейке был равен 0,07 дм<sup>3</sup>, масса катализатора – 1 г. Катализатор перемешивали на магнитной мешалке. Рабочим электродом служила платиновая

пластинка площею 1 см<sup>2</sup>, электродом сравнения - окисно-ртутный электрод в том же растворе. Ток поляризации подавали от источника постоянного тока ЛИПС-1, вольтамперные характеристики снимали при катодной поляризации системы на 0,3 В. По величине плотности тока, переносимого суспензией, образованной дисперсным сплавом и раствором гидроксида калия, оценивали электрокаталитическую активность этих сплавов. Сплав, в котором содержание неодима равно 10 %, имеет наибольшую электрокаталитическую активность (табл. 1).

**Таблица 1**  
Зависимость электрокаталитической активности сплавов никель-титан-неодим от содержания неодима

№ сплава	1	2	3	4	5	6
Массовая доля неодима в сплаве, %	5	10	20	40	60	80
Активность на 1 г сплава, А·10 <sup>6</sup>	260	405	310	180	115	90

В работе [5] показано, что электроны, находящиеся на поверхности Ферми, определяют большинство свойств металлов.

Как известно [5], энергия Ферми ( $\epsilon_F$ ) – это энергия, отделяющая занятые электронами энергетические состояния от свободных, при температуре, равной нулю градусов по шкале Кельвина. Электроны, находящиеся на поверхности Ферми, очень мало: в единице объема их  $n_{эф} \approx n \cdot T/T_{кв} \ll n$ , где  $n$  – плотность электронов;  $n_{эф}$  – плотность свободных электронов;  $T$  – температура;  $T_{кв}$  – температура, ниже которой существуют вырожденные газы, т.е. в этой области температур они описываются квантовыми законами. Для вырожденных газов, например, фермионов (к ним относятся, в частности электроны) и бозонов (фотоны и др.)  $T_{кв} = 10^5$ . Это означает, что в обычных условиях при комнатной температуре электроны подчиняются не классическим, а квантовым законам. Электроны, расположенные на поверхности Ферми, обладают энергией, равной  $\epsilon_F$ .

Для расчета  $\epsilon_F$  и скорости электронов  $v_F$  на поверхности Ферми различных металлов использовалась модель Зоммерфельда, в которой распределение электронов по скорости описывается статистикой Ферми-Дирака [6]. Согласно этой модели:

$$\epsilon_F = \frac{\hbar^2 k_F^2}{2m} = \frac{50,1 \text{ эВ}}{(r_s/a_o)^2},$$

где  $k_F$  - волновой вектор Ферми (сфера с радиусом  $k_F$ , содержащая заполненные одноэлектронные

уровни);  $\hbar = \frac{h}{2\pi}$  - постоянная Планка;  $r_s$  - радиус сферы, объем которой равен объему, приходящемуся на один электрон проводимости (мера плотности

электронов);  $m$  и  $e$  - масса и заряд электрона;  $a_o = \hbar^2/me^2 = 0,529 \cdot 10^{-8}$  см – радиус атома водорода в основном состоянии, который используется в качестве масштаба при измерении атомных расстояний:  $r_s/a_o$ .

В соответствии с этой моделью  $r_s$  вычисляют по формуле:

$$r_s = \left(\frac{3}{4\pi n}\right)^{1/3},$$

где  $n$  - плотность электронов проводимости (число электронов на 1 см<sup>3</sup>), которая равна:

$$n = 0,6022 \cdot 10^{24} \frac{Z\rho_m}{A},$$

где  $A$  - относительная атомная масса металла,  $Z$  - число электронов на внешнем уровне металла,  $\rho_m$  - массовая плотность металла (г/см<sup>3</sup>).

Скорость электронов на поверхности Ферми определяется формулой:

$$v_F = \frac{p_F}{m} = \frac{\hbar k_F}{m} = \frac{4,20}{r_s/a_o} \cdot 10^8 \text{ см/с},$$

где  $p_F = \hbar k_F$  - импульс электронов, находящихся на одноэлектронных уровнях с наиболее высокой энергией, называемый импульсом Ферми.

Результаты расчета плотности электронов проводимости, радиуса сферы Ферми, энергии Ферми и скорости Ферми для Nd, Ti и Ni представлены в табл.2.

**Таблица 2**  
Плотности электронов проводимости, радиусы сферы Ферми, энергии Ферми, скорости Ферми электронов в кристаллических решетках Ni, Ti и Nd

Металл	$n \cdot 10^{22} \text{ см}^{-3}$	$r_s \cdot 10^8 \text{ см}$	$r_s/a_o$	$\epsilon_F, \text{ эВ}$	$v_F \cdot 10^8 \text{ см/с}$
Ni	18,28	1,09	2,06	11,74	2,03
Ti	11,33	1,28	2,42	8,53	1,73
Nd	8,78	1,40	2,65	7,13	1,58

Поэтому присутствие неодима в тройном сплаве усиливает дефектность кристаллической структуры никеля, обусловленную наличием титана, повышает адсорбционную способность поверхности сплавов, что способствует увеличению их каталитической активности. Это также должно отразиться на термодинамических свойствах сплава [7].

Как видно из табл. 2, неодим обладает наименьшими значениями энергии Ферми и скорости Ферми по сравнению с титаном и никелем. Никель и титан отличаются от неодима по ряду физических характеристик: типу кристаллической решетки, параметру кристаллической решетки “а”, энергии ионизации, атомному радиусу, электроотрицательности, энергии кристаллической решетки, работе выхода электрона (табл. 3).

Такое различие неодима и никеля объясняет, почему при введении неодима в кристалл никеля посте-

Некоторые физические характеристики компонентов сплава Ni-Ti-Nd [7,8]

Металл	Тип кристаллической решетки	Параметр решетки а, нм	Атомный радиус, нм	Энергия ионизации, эВ	Электроотрицательность по Полингу	Энергия решетки, кДж/моль	Работа выхода, эВ
Ni	ГЦК	0,352	0,124	7,637	1,8	360	4,50
Ti	ГЕК	0,295	0,146	6,82	1,5	469	3,95
Nd	ГЕК	0,366	0,182	5,525	1,1	265,68	3,20

пенно меняется его структура, возникают в ней искажения. Этому также способствует присутствие титана в сплаве. Поверхности Ферми неодима и титана отличаются от поверхности Ферми никеля [6].

Поэтому введение неодима и титана в тройную систему благоприятствует увеличению доли более медленных электронов на поверхности Ферми, обладающих более низкой энергией Ферми. Это положи-

тельно сказывается на электрокаталитической активности сплавов. Но большое увеличение содержания неодима при этом деформирует структуру тройной системы, как и в случае с титаном. Вследствие этого должен наблюдаться максимум электрокаталитической активности сплавов Ni-Ti-Nd при невысокой концентрации неодима, что хорошо согласуется с экспериментальными данными.

Поступила 08.2011

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. СССР № 1769655, МКИ Н 01 4/90. Катализатор кислородного электрода топливного элемента [Текст] / А.Н. Софронков, Э.Н. Первый, А.Д. Андреев - Заявл. 05.07.90; опубл. 15.06.92.
2. Соколовская, Е.М. Общая химия [Текст] / Е.М. Соколовская. – М: Изд-во Моск. ун-та, 1989. – 640 с.
3. Барабаш, О.М. Структура и свойства металлов и сплавов [Текст] / О.М. Барабаш, Ю.Н. Коваль // Справочник. – Киев: Наукова думка, 1986. – 598 с.
4. Легенченко, И.А. Исследование ионизации водорода методом суспензионного полуэлемента [Текст] / И.А. Легенченко, Э.Н. Первый, Н.Ф. Семизорова // Электрохимия. - 1975. - № 11. - Вып. 6. - С.929-933.
5. Каганов, М.И. Электроны на поверхности Ферми [Текст] / М.И. Каганов / Природа. - 1981. - №8 - С.20-31.
6. Ашкрофт, Н. Физика твердого тела [Текст] / Н. Ашкрофт, Н. Мермин. – М: Мир, 1979. – Т.1 – 399 с.
7. Физические величины [Текст]: Справочник/ А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский и др.; под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. – М.; Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.
8. Краткий справочник по химии [Текст] / И.Т. Горюновский, Ю.П. Назаренко, Е.Ф. Некряч – Киев: Наукова думка, 1987. – 829 с.

УДК: 637.124-021.62:66.011

**НУЖИН Е. В., канд. техн. наук, доцент**

Одесская национальная академия пищевых технологий

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ГОМОГЕНИЗАТОРА ДЛЯ МОЛОКА

Пользуясь понятием «минимальный представительный объем молока», впервые в практике исследования гомогенизаторов разработана методика расчета и вычислен коэффициент полезного действия клапанного гомогенизатора.

**Ключевые слова:** жировые частицы, молоко, мощность, гомогенизация, давление, коэффициент полезного действия.

Using the notion of "minimum representative volume of milk," the first time in the study homogenizer design procedure and calculated the coefficient of efficiency of the valve homogenizer

**Keywords:** fat particles, milk, power, homogenization, pressure, output-input ratio.

Как известно, КПД любого оборудования, в том числе гомогенизатора, есть отношение полезной мощности  $N_n$  к затраченной мощности  $N_з$ :

$$\eta = \frac{N_n}{N_з} \cdot 100, \% \quad (1)$$

Полезная мощность процесса гомогенизации – это мощность, необходимая для приложения сил к поверхности жировых частиц молока, причем эти силы должны превысить силы поверхностного натяжения, удерживающие частицы в сферическом состоянии. Достижение этого условия приводит к деформации и распаду жировых частиц, создавая устойчивую во времени эмульсию молока. В связи с этим полезную мощность можно выразить как

$$N_n = \frac{E}{\tau},$$

где  $E$  – энергия поверхностного натяжения жи-

ровых частиц молока;

$\tau$  – время процесса гомогенизации.

$$E = \sigma_{1,2} \left( \sum S_K \right),$$

где  $\sigma_{1,2}$  – межфазное поверхностное натяжение на границе жирового шарика и плазмы молока;

$\sum S_K$  – сумма площадей поверхности дисперсных частиц после гомогенизации.

$$\sum S_K = z_{K1} \cdot \pi \cdot d_{K1}^2 + z_{K2} \cdot \pi \cdot d_{K2}^2 + \dots + z_{Kn} \cdot \pi \cdot d_{Kn}^2,$$

где  $z_{K1}, z_{K2}, z_{Kn}$  – число частиц в молоке, прошедшем гомогенизацию, в выбранных диапазонах размеров частиц;

$d_{K1}, d_{K2}, d_{Kn}$  – средний диаметр частиц в выбранных диапазонах размеров частиц, присутствующих в молоке после гомогенизации.

Затраченная мощность – это мощность потока молока в рабочем канале гомогенизирующего устройства. Здесь мы рассматриваем такие гомогенизирующие устройства, в которых процесс реализуется в потоке молока за счет гидродинамических явлений, возникающих в потоке, движущемся с большой скоростью. Это группа гомогенизаторов дроссельного типа, к которым относятся и клапанные гомогенизаторы [1].

$$N_з = Q \cdot \Delta P, \quad (2)$$