

ВІДГУК

офіційного опонента

Васильєва Георгія Степановича

на дисертаційну роботу Забіяки Наталії Анатоліївни

**«Матеріало-заощаджувальні хімічні процеси виробництва водню в хімічній
техніці та енергетиці»,**

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія

Актуальність теми

Розвиток сучасної енергетичної галузі потребує використання екологічно безпечних джерел енергії серед яких значна роль відводиться водневій енергетиці. На сьогоднішній день отриманню водню присвячена велика кількість науково-технічних розробок, головним чином, для його використання в якості альтернативного і екологічно безпечного палива з високими питомими показниками. Сучасні способи синтезу водню характеризуються високою собівартістю кінцевого продукту, незадовільними екологічними наслідками, завданнями утилізації побічних продуктів реакції, що стримує розвиток водневої галузі. Тому дисертаційна робота Забіяки Н.А., що спрямована на створення екологічно безпечного, енергозберігаючого технологічного процесу синтезу водню з використанням сплавів алюмінію для потреб енергетики та теплопостачання, є актуальною та перспективною.

Тема пов'язана з виконанням науково-дослідних робіт кафедр «Хімічна техніка та промислова екологія» та «Технічна електрохімія» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» у межах тематики держбюджетних тем МОН України: «Розробка електрохімічних способів отримання матеріалів та сполук подвійного призначення» (ДР № 0120U001002) (2020–2021рр.), «Функціональні матеріали в екологічно безпечних електрохімічних процесах відновлювальної енергетики та машинобудування для об'єктів подвійного призначення» (ДР № 0117U004886) (2017–2018 рр.), в яких здобувач була виконавцем окремих етапів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Положення та висновки, наведені в дисертаційній роботі Забіяки Н.А., в достатній мірі обґрунтовані як з наукової, так і з технічної точки зору. Обґрунтованість отриманих у роботі наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується актами випробувань та використанні результатів дисертаційної роботи у навчальному процесі кафедри «Хімічна техніка та промислова екологія» НТУ «ХПІ» для навчання студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», які наведені в дисертаційній роботі.

Достовірність результатів досліджень.

Достовірність результатів теоретичних досліджень підтверджується результатами відповідних експериментальних досліджень.

Наукові результати застосовані для розробки технологічної схеми виробництва водню та встановлення її технологічних показників, що дозволяє реалізувати даний спосіб для удосконалення водневої промисловості.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

- встановлено кінетичні закономірності хімічної поведінки сплаву алюмінію марки АК7 у розчинах лугу із додаванням хлоридів та фторидів, а саме: швидкість розчинення сплаву АК7 та швидкість виділення водню, що дозволило обрати технологічні концентрації розчину, які становлять 2,5 моль/дм³ NaOH; 0,2 моль/дм³ NaF; 0,1 моль/дм³ NaCl, та запропонувати температуру електроліту 298–323 К із застосуванням перемішування;

- доведено активуючу дію іонів фториду та хлориду концентраціями 0,2 моль/дм³ та 0,1 моль/дм³ на розчинення сплаву АК7 при їх спільній присутності у розчині 2,5 моль/дм³ NaOH, що дозволило збільшити продуктивність процесу за воднем у 10 разів в порівнянні з розчином 2,5 моль/дм³ NaOH, що не містить активаторів;

- за результатами проведених досліджень запропонована стабільність взаємодії компонентів сплаву АК7 з розчином натрію гідроксиду та визначені процеси, які

перебігають при додаванні активаторів;

- розроблено технологічний процес виробництва водню шляхом алюмодеполяризаційного циклу за допомогою взаємодії сплаву алюмінію марки АК7 з розчином $2,5 \text{ моль/дм}^3 \text{ NaOH} + 0,2 \text{ моль/дм}^3 \text{ NaF} + 0,1 \text{ моль/дм}^3 \text{ NaCl}$, що дозволяє отримувати водень без використання мембранних електролізерів.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

У дисертаційній роботі теоретично обґрунтована та експериментально підтверджена можливість синтезу водню шляхом хімічної взаємодії сплаву марки АК7 з лужними розчинами натрію гідроксиду з домішками хлоридних та фторидних активаторів.

Отримані результати, які наведені в дисертаційній роботі, мають важливе значення для галузі знань 16 – Хімічна та біоінженерія, а саме для алюмодеполяризаційного циклу водневої енергетики, адже в даній роботі розроблено спосіб синтезу водню, який базується на сировині з вітчизняних матеріалів, доступності хімічних елементів для приготування електролітів та простоті обладнання.

Приведені в дисертаційній роботі результати досліджень кінетики взаємодії сплаву АК7 з лужними електролітами для виробництва водню впроваджено в навчальний процес кафедри хімічної техніки та промислової екології НТУ «ХПІ» в дисципліни «Антикорозійний захист обладнання» та «Система технологій та промислова екологія» для аудиторних та факультативних занять.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Основний зміст дисертації відображено у 14 наукових публікаціях, з них: 2 статті у наукових фахових виданнях України, 2 статті у закордонному періодичному науковому виданні, 10 – у матеріалах конференцій.

Участь здобувача у роботах, що опубліковані у співавторстві зазначена у дисертаційній роботі.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 11 Порядку проведення експерименту з присудження

ступеня доктора філософії, Затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 06 березня 2019 р. № 167.

Оцінка змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Забіяки Н.А. складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У вступі обґрунтовано науково-технічну актуальність дисертаційної роботи, сформульовані мета і задачі, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, описано зв'язок роботи з науковими темами, надано наукову новизну та сформульовано практичне значення отриманих результатів.

В *першому розділі* розглянуто будову і хімічні властивості алюмінію і його сплавів з силіцієм. Зроблено аналіз методів отримання водню, оцінено їх переваги та недоліки. Проаналізовано перспективність використання алюмінієвих сплавів для промислового отримання водню.

У *другому розділі* описано методики досліджень та вимірювальної апаратури, наведено склади розчинів та режими отримання водню при взаємодії сплаву АК7 з лужним розчином.

В *третьому розділі* представлені результати впливу складу, концентрації, температури розчинів та шорсткості поверхні алюмінію на процес виділення водню. Визначено оптимальні умови отримання водню в залежності від цих факторів.

В *четвертому розділі* розглянуто перебіг процесу виділення водню, реакції, що супроводжують процес розчинення сплаву АК7 та вплив домішок на кінетику цих реакцій.

П'ятий розділ містить дані щодо технологічного процесу отримання водню, схема процесу, опис основного обладнання, технологічні розрахунки та карту технологічного процесу. Наведено матеріальні баланси виділення водню із чистого алюмінію і сплаву АК7.

Висновки до розділів та за результатами роботи сформульовані чітко та відповідають змісту дисертаційної роботи.

Список використаних джерел із 113 найменувань, досить повний і включає як

вітчизняні так і зарубіжні публікації.

Анотація відображає основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває наукові результати та практичну цінність роботи.

Академічна доброчесність

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. Перший розділ дисертаційної роботи, в якому наводяться літературні дані, не містить відомостей про перебіг реакції взаємодії алюмінію з лугом, впливу на цей процес складу металу та розчину. Ставлячи за мету оптимізацію процесу слід основу увагу приділити самому процесу виділення водню.

2. В другому розділі роботи, де описується методика проведення досліджень, зазначено, що зразки для експерименту використовували у формі пластин. Із загальних уявлень про кінетику хімічних процесів зрозуміло, що реакція взаємодії розчину з металом є топохімічною, тобто такою, що відбувається на поверхні металу. Швидкість такої реакції буде прямо пропорційна площі контакту, а тому, з метою збільшення об'єму водню, який виділяється, слід брати алюміній у вигляді стружки або порошку.

3. В підрозділі 2.2 розділу 2 наводяться дані дослідження поверхні алюмінію під електронним мікроскопом. Проте, в роботі немає знімків поверхні алюмінію після взаємодії з лугом. Такі знімки дозволили б визначити вплив складу алюмінієвого сплаву на процес його розчинення та встановити наявність формування шарів оксидів, що можуть впливати на процес.

4. В підрозділі 3.3 розділу 3 вказується, що на поверхні алюмінію в лузі є іони Al^{3+} , і при збільшенні їх концентрації утворюються оксидні сполуки. Діаграма Пубре для системи алюміній-вода чітко вказує, що в лужному розчині алюміній розчинається з утворенням іонів, більше того, при рН 15 осад на поверхні алюмінію не утворюється при концентрації іонів AlO_2^- до 1 моль/дм³.

5. В підрозділі 5.3 розділу 5 зазначається, що для промислової реалізації

процесу отримання водню буде використано поліпропіленовий реактор з мішалкою. Використання поліпропілену в якості конструкційного матеріалу є небажаним, оскільки шматки алюмінію більшої твердості ніж поліпропілен, під дією мішалки будуть чинити абразивний вплив на дно та стінки реактора, що, в кінцевому рахунку, призведе до руйнування апарата. Застосування мішалки також не є виправданим, оскільки реакція алюмінію з лугом перебігає з бурхливим газовиділенням. Бульбашки газу створюють достатній конвекційний потік і перемішування можна не застосовувати.

6. П'ятий розділ присвячений розробці технологічного процесу отримання водню, проте в текстовій частині в жодному місці не згадується який тиск водню буде в реакторі, лише в таблиці 5.4 в пункті 4.1 є цифра 0,105 МПа. При цьому величина тиску не обґрунтована і не зрозуміло, яким чином він підтримується.

7. Реакція алюмінію з лугом є екзотермічною, і при її протіканні в реакторі температура буде підвищуватись. Збільшення температури призводить до збільшення швидкості хімічних реакцій (рис. 3.6), але в розділі 5 відсутні будь які дані щодо контролю і регулювання температури в реакторі.

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи. Дисертація є актуальною і має наукову цінність та практичну значущість.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Забіяки Наталії Анатоліївни «Матеріало-заощаджувальні хімічні процеси виробництва водню в хімічній техніці та енергетиці» за своїм змістом відповідає спеціальності 161 – Хімічні технології та інженерія. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка вирішує важливу науково-практичну задачу синтезу водню шляхом хімічної взаємодії сплаву марки АК7 з лужними розчинами з домішками активаторів у вигляді галогенідів. Використання алюмінію у вигляді сплавів та відходів може значно знизити собівартість синтезованого водню. Дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 10, 11, 12 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, Затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167, а здобувач

Забіяка Наталія Анатоліївна, заслугове присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія.

Офіційний опонент

Заступник начальника науково-дослідної частини

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут

імені Ігоря Сікорського», к.т.н., доц.

12.04.2021



Георгій ВАСИЛЬЄВ

