

СТАНОВИЩЕ

от професор д-р Бранимир Банов,

от *Институт по Електрохимия и Енергийни Системи – БАН*, член на **Научно Жури** за защита на дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен „доктор“ по *Научна област: 5. Технически науки; Професионално направление: 5.10. Химични технологии; Научна специалност: 02.10.03 “Технология на електрохимичните производства”*

За кандидата

Научна организация: **Химико Технологичен и Металургичен Университет, София**

Автор на дисертационния труд: **магистър Момчил Димитров Алакушев**

Ръководител на дисертанта: **доцент д-р Катя Игнатова от ХТМУ София**

Тема на дисертационния труд: **„Електрохимично получаване, охарактеризиране и приложение на сплави и прахове на база Ni, Co и Sn“**

Общо положения

Представеният ми за рецензиране дисертационен труд на магистър Момчил Алакушев представлява системно и задълбочено изследване върху едно ново направление – съхранение на електрическа енергия в нови високо ефективни литиеви електрохимични системи – литиево йонни батерии (ЛИБ).

В последните години проблемът със замърсяването на градовете добива все по-широк отзвук и разработването на съвременни системи за ефективно съхранение на електрическа енергия получена от ВЕИ става все по-актуален. Предлагат се различни решения но единствения ефективен начин са химическите източници на ток – акумулаторите. Те предлагат чисто и високо ефективно съхранение и конверсия на електрическата енергия с общ коефициент на преобразуване от над 90%. Съхранението на електрическа енергия под формата на водород и последващото превръщане в електрическа може да достигне едва 65.61%, което съответства на загуба от 27.1% (или с други думи около 1/3).

Дисертантът се е насочил именно в тази посока, решаване на ефективно съхранение на и без това скъпата електрическа енергия добита от ВЕИ. Като съпътстващо решение новите материали могат да се използват и като ефективни катализатори за редукция на кислород (ORR). Това тяхно качество отваря вратата за много широк кръг от приложения в химическата промишленост.

Темата на дисертацията е актуална и попада в едно много перспективно направление отнасящо се до трансформация и съхранение на електрическа енергия. Световната енергийна криза и *зелената сделка* налагат нови правила в опазването на околната среда и в търсенето на нови решения и технологии за съхранение и конверсия на електрическа енергия при използването на различни енергийни системи и начини за ефективно съхранение.

Дисертантът правилно си е поставил целите и произтичащите от тях задачи. Синтезирани и охарактеризирани са нови метални композитни прахове, като са използвани

комплексни методи за тяхното получаване, охарактеризиране и е изследвано тяхното приложение, като възможни активни електродни материали (АЕМ) за ЛИБ.

Основни резултати от проведената научно приложна дейност в дисертационния труд

За получаване на металните прахове са използвани потенциостатични и галваностатични техники, като обхвата е разширен с прилагането на импулсна техника, както в потенциостатичен режим така и в галваностатичен. Използвани са стандартни и модифицирани електролити, което е позволило на дисертанта да направи широка палитра от експерименти, които да анализира и съпостави, като е предложил съответните научно обосновани обяснения на получените резултати, базирани на съвременни методи на анализ като SEM, Quantum EDX, XRD, BET, XPS. Използваните методи показват, че дисертанта е усвоил и борави със съвременната техника и може правилно да разчита и интерпретира получените данни и на тяхна база да формулира, точни, написани на хубав български език, научни заключения. Ясният и точен български език не е за пренебрегване понеже ясното и точно изразяване на мислите е в основата на общуването.

Всички описани и проведени изследвания попадат в приоритетните направления за развитие на науката в България по класификацията на ИСИС (мехатроника, чисти технологии, високо ефективно съхранение на енергия, информационни технологии и управление на процеси), както за България, така за ЕС и целия свят, все приоритетни области от световно значение, особено в последните дни.

Основни научни и научно приложни приноси

Работата е написана на 147 стр. съдържа 85 фигури, 18 таблици, като са цитирани 148 литературни източника от последните години. От обема се вижда, че това е една много задълбочена и целенасочена работа. Изключително добро впечатление прави литературния обзор, който обхваща не само световната литература, но и подробно описание на използваните методи, които дисертанта трябва да овладее в края на своето изследване.

Дисертационният труд е подреден в 6 основни глави, както следва:

- Увод и теоретична част, 14--46
- Цели и задачи, 50
- Експериментална част, 51--63
- Резултати и дискусия, 66--132
 - *Електрохимично получаване на Ni-Co и Ni-Co-P прахове*
 - *Електрохимично получаване на Sn-Co и Sn-Ni прахове*
 - *Приложение на електрохимично получени Sn-базирани метални прахове, като АЕМ в LIB.*
- Изводи от дисертационния труд, 136
- Приноси на дисертационния труд, 137

Проведените изследвания се базират на широк кръг техники умело използвани за провеждането на планираните експерименти по синтеза на металните прахове. Използвани са три електролита аминок-сулфатен, аминок-хлориден и хлориден. В стационарен режим са определени условията за оптимално получаване на комплексните метални прахове. От получените резултати са направени изводите за посоката на работа за получаване на комплексен прах със зададен размер на частиците. Дадени са условията за получаването на съответното съотношение на концентрацията и участващите в комплекса елементи. Показано е че чрез промяна на pH/C на разтвора могат да се получат частици с размери от 40-50 до 5 мкм, като и да се промени съотношението на двата компонента в получената сплав

от 45:55 до 40:60. Подобни резултати са получени и при използването на импулсна техника, като в този случай параметрите са още повече, (варирано е рН и коефициента на запълване), но и получените резултати са красноречиви:

- при *срм* $\Rightarrow$ 53:47, 61:39
- при *ррм* и честота 100 $\Rightarrow$ 50:50
 500 $\Rightarrow$ 46:54
 1000 $\Rightarrow$ 42:58

Добавянето на трети компонент в състава фосфор, позволява получаването на една много интересна сплав която е изследвана, като катализатор на редукция на кислород. Получените данни са сравнени със стандартни данни от Ag, катализатор.

За получаване на Co-Sn и Ni-Sn сплави, са използваните и доказали своята работоспособност методи: - галваностатичен и потенциостатичен, като и техните импулсни варианти. Установено е че най висока каталитична активност притежава състав **Sn_{54.8}Co_{37.1}O_{8.1}**. Изследваните състави са 7 и получените съотношения на съставните компоненти стартират от 7% и достигат 85.5%, което е впечатляващо. Получените SEM изображения са направи произведения на изкуството. За съжаление поведението на получените и тествани АЕМ като аноди в ЛИБ не са толкова добри но показват ясна посока за развитие и изследвания. Единствен активен компонент се оказва Sn (както в комбинация с Co така и в комбинация с Ni), като не се оправдават очакванията за стабилна метална 3d структура която да осигури висока (метална) електронна проводимост на АЕМ. Повишаването на разрядния ток води до значителна загуба на капацитет и висока поляризация.

При синтезът на Ni-Sn сплавта е използвана същата техника и методи на формиране на прахообразната структура. Резултатите са близки за това няма да бъдат коментирани отделно. Тук трябва да се отбележи че постигнатите съотношения на компоненти са още по впечатляващи, стартирайки от 7:74% до 97:1.2%, което за мен е уникално постижение. Тук също е изследвана каталитичната активност, като пробата с най-висок резултат е със състав **Sn_{23.6}Ni_{70.1}O_{6.3}**. Постигнатият резултата е по-висок от докладвания за кобалта, като каталитичната активност е оценена по намалената поляризация. Резултатът е почти със 100mV по нисък от референтния Ag катализатор. Отново капацитето определящ фактор е количеството на калая в пробата, като и в този случай металната 3d структура не изпълнява своята електронно проводяща роля.

От така направеният анализ основните научни приноси на предложени ми за рецензиране дисертационен труд могат да бъдат определени, както научно-приложни и обобщени в следната формулировка:

1. *Получени, охарактеризирани и изследвани Ni-Co, Sn-Co и Sn-Ni прахове от комплексни флуоридно-хлоридни разтвори. Електрохимично е получен Ni-Co-P прах със съдържание на фосфор 7.6% при стайна температура.*
2. *За пръв път електрохимично получени Ni-Co, Ni-Co-P, Sn-Co и Sn-Ni сплавни прахове са подложени като катализатори по отношение на ORR.*
3. *Електрохимично получени различни състави Sn-Co и Sn-Ni прахове показват добри електрохимични характеристики като анодни материали в литиево-йонна батерия, LIB. Sn-Co прахове са с по-добри електрохимични показатели.*
4. *Установено е влиянието на параметрите на три различни токови режими – галваностатичен, потенциостатичен стационарен и импулсен върху, състава, морфологията, структурата и свойствата на сплави Sn-Co, Sn-Ni и Ni-Co, като получените данни са теоретичен принос.*

Критични бележки и препоръки

С удоволствие мога да заявя че критични бележки към дисертанта нямам. Не го познавам и за първи път се запознах на неговата пред защита където той ми направи изключително добро впечатление с точен и чист български език, представящ неговите изследвания.

Наукометрични показатели

Предложеният ми за *рецензиране* дисертационен труд е базиран на **2 (две)** публикации, в пълен текст на английски и **4(четири)** участия в конференции с международно участие. Съгласно правилата на ХТМУ, за защита на докторска дисертация се изисква, **една публикация с импакт фактор**, а дадения случай те са **2 (две)**.

Така предложените материали отговарят напълно на препоръчителните изисквания на **Правилника на ХТМУ** и условията за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности и ги надхвърлят.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Авторефератът на дисертацията е направен съгласно изискванията, като вярно отразява получените в дисертационния труд резултати и неговите приноси.

Включените в дисертационния труд научни изследвания по своя обем, качество и значимост на резултатите напълно отговарят на изискванията на Правилника за условията и реда за придобиване на научни звания и заемане на академични длъжности на ХТМУ-София. Ето защо, си позволявам да препоръчам на Почитаемото научно жури да присъди на магистър **Момчил Димитров Алакушев** образователната и научна степен „**ДОКТОР**” по *Научна област: 5. Технически науки; Професионално направление: 5.10. Химични технологии; Научна специалност: 02.10.03 “Технология на електрохимичните производства”*

София, 26.05.2022 г.

Член на НЖ: /...../

/ проф. д-р Бранимир Банов /