

ВИСНОВОК

комісії спеціалізованої вченої ради Д 26.207.03 про відповідність спеціальності і профілю ради дисертаційної роботи Іванченка Сергія Едуардовича «Реологічні властивості та структуроутворення суспензій на основі нанопорошку ВаТіО₃ при формуванні діелектричних шарів методом плівкового лиття», поданої на здобуття наукового ступеня **кандидата технічних наук** за спеціальністю 05.16.06 – «порошкова металургія та композиційні матеріали».

Комісія у складі членів спецради: чл.-кор. НАНУ, д.т.н. Штерна М.Б., д.т.н. проф. Рудя В.Д., д.т.н. Михайлова О.В. розглянула дисертаційну роботу Іванченка Сергія Едуардовича «Реологічні властивості та структуроутворення суспензій на основі нанопорошку ВаТіО₃ при формуванні діелектричних шарів методом плівкового лиття», поданої на здобуття наукового ступеня **кандидата технічних наук** за спеціальністю 05.16.06 – «порошкова металургія та композиційні матеріали», прийшла до наступного висновку:

Дисертацію присвячено встановленню зв'язку між складом, структурою та реологічними характеристиками суспензій на основі нанорозмірних порошків ВаТіО₃ і властивостями утворених з суспензій полімер-керамічних композитів. Встановленню реологічні властивості та параметри процесу плівкового лиття, за яких можливе формування плівок з товщиною менше одного мікрметра зі значеннями шорсткості поверхні, співмірними з діаметром окремих наночастинок та придатних для ламінування та спікання.

1. Актуальність теми

Актуальність роботи. Останнім часом спостерігається стрімке зростання галузей застосування багатошарових пристроїв, що створює великий попит на плівки та тонкі шари різних матеріалів. На даний момент мінімальна товщина шарів створених методом плівкового лиття складає 2-5 мкм. В той же час підвищення ефективності використання плівок потребує суттєвого зменшення їх товщини і шорсткості із одночасним підвищенням їх густини. Це, у свою чергу вимагає ретельного контролю процесу структуроутворення із одночасною оптимізацією сполучення параметрів лиття. Досі не розв'язаною залишалась проблема визначення впливу температури суспензії на характер течії суспензії без зміни її хімічного складу та реологічних властивостей. Розв'язок саме цих питань і міститься у дисертації С. І. Іванченка. Гострота проблеми використання матеріалів, які отримуються за даною технологією вже зараз, обумовлює **актуальність** обраної теми дисертації.

2. Наукова новизна роботи відображена наступними основними положеннями:

1. Вперше розроблено метод нормування ступеню тиксотропії/реопексії для кількісної оцінки структури порошкових суспензій. Метод нормування базується на використанні модифікованого рівняння стандартизованої оцінки з врахуванням особливостей обробки даних кривих течії.

2. Вперше створена та підтверджена на практиці математична модель для оцінки розміру структурних елементів суспензії (гідрокластерів), що враховує Число Пекле, температуру, в'язкість суспензії та напруження зсуву, яке діє на неї.

3. Вперше встановлено залежність між складом суспензій на основі нанопорошку BaTiO_3 (вміст полімеру-зв'язки, пластифікатору, розчиннику та порошку) та їх структурою, ґрунтуючись на розроблених параметрах течії (нормований ступінь тиксотропії/реопексії, коефіцієнт характеру течії, ефективна в'язкість, розмір гідрокластерів).

4. Вперше встановлено залежність товщини та шорсткості плівки від коефіцієнту характеру течії та нормованого ступеню тиксотропії/реопексії. Так, для отримання плівок з товщиною менше 1 мкм методом плівкового лиття слід застосовувати високу швидкість зсуву ($900\text{-}5000\text{ с}^{-1}$) до суспензій з реопексним типом течії ($T/R_{\text{dgr. n}}$ від $-0,72$ до $-7,06$) та коефіцієнтом характеру течії близьким до одиниці.

5. Вперше досліджено вплив температури суспензії на основі нанопорошку BaTiO_3 на товщину отриманих литтям плівок. Встановлено, що:

- Охолоджена до $5\text{ }^\circ\text{C}$ суспензія під дією зсуву 500 с^{-1} розріджується на 49% ($430\text{ мПа}\cdot\text{с}$), що понад в два рази більше ніж розрідження суспензії з температурою $20\text{ }^\circ\text{C}$ ($197\text{ мПа}\cdot\text{с}$). Це свідчить про значну деформацію полімерних ланцюгів.
- Охолоджена суспензія має більший час відновлення в'язкості після зняття дії зсуву (34 с проти 22 с у суспензії з температурою $20\text{ }^\circ\text{C}$), що свідчить про вповільнення релаксації деформованих полімерів.
- В'язкість суспензії з температурою $5\text{ }^\circ\text{C}$ після припинення дії зсуву зменшилася на 1,7 %, в той час як в'язкість суспензій з вищою температурою зростала (на 3,6% при $20\text{ }^\circ\text{C}$). Це свідчить про зміну типу течії та збереження молекулами полімеру наданої їм зсувом форми.

6. Вперше зафіксовано та використано феномен зменшення товщини полімер-керамічних композитів при використанні у методі плівкового лиття охолоджених суспензій, що дозволило отримати плівки з шорсткістю поверхні R_a 9-30 нм та товщиною від 200 до 500 нм що в 5-10 разів менше промислових аналогів.

3. Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що:

1. Вперше з отриманих методом плівкового лиття шарів BaTiO_3 та Ni/NiO товщиною 430 нм сформований та спечений багатошаровий композит. Товщина спеченого шару діелектрика становила 400 нм, а розмір зерен 50-100 нм.
2. Встановлені закономірності впливу режиму лиття та складу суспензії на її структуру та властивості плівок були застосовані для створення шарів діелектрика у моделі багатошарового керамічного конденсатору в рамках спільних проектів відділу №48 ІПМ НАН України та НАТО.
3. Створені плівки аноду та електроліту для прототипу водневої паливної комірки у рамках спільних проектів з лабораторією Керамічних Паливних Комірок (відділ №22 ІПМ НАН України). Прототип успішно пройшов випробування та мав питому потужність на 50% вищу за комерційні аналоги (акт використання від 5.06.2023).
4. Викладені у даній роботі дослідження стали основою для створення відео лабораторних робіт та учбового матеріалу, що увійшли до лекційного курсу «Наукові основи створення наноматеріалів», який викладається у Навчально-науковому інституті матеріалознавства та зварювання імені Є.О. Патона Національного технічного університету України «Київський Політехнічний Інститут імені Ігоря Сікорського» (акти використання від 02.04.2023).
5. Викладені в даній роботі дослідження стали основою для створення відео лекції «Tape Casting» для освітньої програми EU Research and Innovation Programme «Horizon2020», проекту “Teaching Fuel Cell and Hydrogen Science and Engineering Across Europe within Horizon 2020” (TeaCHy 2017-2022), що використовується для навчання студентів у НТУУ «КПІ» ім. Сікорського та Університеті Бірмінгема (Бірмінгем, Великобританія) (акт використання від 5.06.2023).

6. Вірогідність і обґрунтованість результатів, положень та висновків забезпечена використанням сучасних аналітичних та експериментальних методів досліджень ротаційної віскозиметрії, оптичної профілометрії, атомно силової мікроскопії, скануючої електронної мікроскопії, трансмісійної електронної мікроскопії, оптичної мікроскопії. Оцінка розміру та форми структурних елементів суспензій (гідрокластерів та молекул полімерів) проводилася за допомогою математичних моделей та програмних алгоритмів власної розробки.

7. Особистий внесок здобувача. Основні результати, викладені в роботі, отримані особисто автором або за його безпосередньої участі в Інституті проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України та в Інституті Йозефа Штефана, Любляна, Словенія. Вибір напрямку досліджень, постановка мети і задач досліджень проведено дисертантом разом з науковим керівником – д.т.н. акад. Рагулею А.В. Дисертантом особисто проведений літературний пошук та аналіз одержаної інформації; розробленні склади та методики приготування суспензій, встановлені параметри процесу плівкового лиття; створені суспензії та проведені їх реологічні дослідження;

проведено пошук та розробку нових параметрів течії, що описують структуру суспензії; розроблені математичні моделі та програмні алгоритми для оцінки розміру та форми структурних елементів суспензій; досліджені реологічні властивості суспензій за різних температур; розроблено та застосовано попереднє охолодження суспензій для досягнення меншої товщини плівки при її формуванні методом плівкового лиття; досліджені зміни часу релаксації в'язкості при зміні температури за допомогою тестів відновлення структури; одержанні плівки титанату барію товщиною менше мікрона та з шорсткістю поверхні близькою до діаметру однієї наночастинки; охарактеризовані плівки за допомогою оптичної мікроскопії, оптичної профілометрії, атомно силової мікроскопії; одержанні плівки на основі порошку Ni/NiO та методом холодного ізостатичного пресування сформовані багатошарові композити з шарами BaTiO₃-Ni/NiO; здійснено відпал, спікання та дослідження багатошарових композитів; приготування проб для скануючої електронної мікроскопії; проведена обробка даних, їх інтерпретація та представлення результатів на наукових конференціях та семінарах.

Реологічні дослідження на високочутливому реометрі Physica MCR 301 (Anton Paar) були виконані разом з к.т.н. С. О. Умеровою (ІПМ, відділ № 8, Інститут Йозефа Штефана, відділ F5 – Фізика твердого тіла). Режимі спікання багатошарових зразків були розроблені спільно з Д.І. Барановським (ІПМ, відділ № 48) Спікання багатошарових композитів у відновлюваній атмосфері, дослідження мікроструктури методами скануючої електронної мікроскопії (SEM) та елементний аналіз (EDX) виконані разом з доктором С.Д. Шкапіном (Інститут Йозефа Штефана, відділ K9 - Дослідження сучасних матеріалів). Умови експериментів, одержані результати, методи їх обробки та придатність розроблених моделей обговорено з науковим керівником д.т.н. Рагулею А.В.

8. Матеріали дисертації повною мірою викладено в **44** друкованих працях: **4** статтях у фахових наукових виданнях за переліком МОН України, **7** статтях в іноземних міжнародних науково-технічних виданнях, **5** розділах в монографіях та **28** публікаціях в збірках матеріалів наукових конференцій.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ, ЯКІ ВІДОБРАЖАЮТЬ ОСНОВНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ:

1. **Ivanchenko S. E.**, Dulina I. O., Umerova S. O., Nikulin A. G., Ragulya A. V. / Formulation and rheology of tape casting suspensions based on BaTiO₃ nanopowders // Springer Proc. Phys. — Springer Science and Business Media, LLC — 2015. — Vol. 167. — P. 193–202. ISSN:09308989, 1867-4941; ISBN:978-331918542-2, 978-3-319-18543-9; DOI:10.1007/978-3-319-18543-9_11, link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-18543-9_11 *Особистий внесок здобувача:* створення та реологічний аналіз суспензій нанопорошків BaTiO₃. Визначення впливу типу та концентрації компонентів суспензії на

- в'язкість та характер течії суспензій. Дослідження впливу складу суспензії на товщину та шорсткість поверхні плівок. Обробка даних і написання статті. **(розділ у монографії, Scopus)**
2. Ivanchenko S., Umerova S., Baranovskyi D., Kovalenko O., Ragulya A. / Chap. 15 - BaTiO₃ films for multilayer devices by tape casting // OAJ Mater. Devices. — 2022. — Vol. 5, № 2, P. 437-466, ISBN:9798583096497, ISSN:2495-3911, DOI:10.23647/ca.md20201707, caip.co-ac.com/index.php/materialsanddevices/article/view/117/79. *Особистий внесок здобувача:* створення суспензій, реологічний аналіз, формування та аналіз властивостей тонких плівок BaTiO₃, та Ni/NiO, методом плівкового лиття шляхом застосування охолодження суспензій. Збірка багатошарових композитів. Обробка даних і написання статті. **(розділ у монографії та стаття у закордонному електронному періодичному виданні, Scopus)**
3. Vasylyv B.D., Podhurska V.Y., Ostash O.P., Polishko I.O., Brodnikovs'kyi E.M., **Ivanchenko S.E.**, Vasylyev O.D. / Influence of the Working Media of Fuel Cells on the Structure and Physicomechanical Characteristics of Ceramics of the ZrO₂-Y₂O₃-NiO System // Materials Science, 2020. Vol. 56, P. 15–21, (2020). ISSN:1068-820X doi.org/10.1007/s11003-020-00391-4, *Особистий внесок здобувача:* створення суспензій, формування плівок електроліту (8YSZ) та аноду (NiO/8YSZ) для водневої паливної комірки методом плівкового лиття. Участь в обробці даних і обговоренні статті. **(закордонне періодичне видання, Scopus, Q3)**
4. Polishko I., **Ivanchenko S.**, Horda R., Brodnikovskyi Ye, Lysunenko N., Kovalenko, L. / Tape casted SOFC based on Ukrainian 8YSZ powder // Materials Today: Proceedings, Vol. 6, P. 237–241, 2019. DOI:10.1016/j.matpr.2018.10.100, [sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785318323952](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785318323952) *Особистий внесок здобувача:* створення суспензій, формування плівок електроліту (ZrO₂) та аноду (ZrO₂/NiO) для водневої паливної комірки методом плівкового лиття. Збірка багатошарових композитів. Участь в обробці даних, обговоренні і написанні статті. **(закордонне періодичне видання, Scopus)**
5. **Ivanchenko S. E.**, Polishko I. O., Baranovskyi D. I., Brodnikovskyi Ye. M., Vasylyev O. D., Ragulya A. V. / Tape Casting of anode and electrolyte layers for solid oxide fuel cells. // Електричні контакти та електроди (збірник Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича). 2018. Вип. 1, №. 1. С. 65–72. ISSN:2311-0627, [researchgate.net/publication/332320879_Tape_Casting_of_anode_and_electrolyte_layers_for_solid_oxide_fuel_cells](https://www.researchgate.net/publication/332320879_Tape_Casting_of_anode_and_electrolyte_layers_for_solid_oxide_fuel_cells). *Особистий внесок здобувача:* створення суспензій, реологічний аналіз, формування плівок електроліту (ZrO₂) та аноду (ZrO₂/NiO) для водневої паливної комірки методом плівкового лиття. Аналіз впливу градієнту зрізу, що виникає під час лиття, та в'язкості суспензії на товщину плівок. Визначення впливу методу збірки багатошарових композитів на їх стійкість до розшарування. Обробка даних і написання статті. **(періодичне фахове видання)**
6. **Іванченко С. Е.**, Умерова С. О., Дуліна І. О., Барановський Д. І., Рагуля, А. В. / Реологічні властивості та плівкоутворююча здатність полімерних суспензій на основі нанопорошку BaTiO₃ // Кераміка наука і життя. — 2016. — Вип. 4, № 33. — С. 39–54. ISSN 2521-6694 (print), ISSN 2521-6708 (online), DOI:10.26909/csl.4.2016.4, ceramic-journal.org.ua/index.php/csl/article/view/50/45. *Особистий внесок здобувача:* створення та реологічний аналіз суспензій нанопорошків BaTiO₃. Визначення впливу типу та концентрації

компонентів суспензії на в'язкість та характер течії суспензій. Обробка даних і написання статті. **(періодичне фахове видання)**

7. **Іванченко С. Е.**, Умерова С. О., Барановський Д. І., Рагуля, А. В. Отримання тонких суцільних керамічних плівок на основі нанопорошку BaTiO_3 методом плівкового лиття // Кераміка наука і життя. — 2016. — Вип. 4, № 33. — С. 55–66. ISSN 2521-6694 (print), ISSN 2521-6708 (online), DOI: 10.26909/csl.4.2016.5, ceramic-journal.org.ua/index.php/csl/article/view/51/46. *Особистий внесок здобувача*: створення суспензій, реологічний аналіз, формування та аналіз властивостей тонких плівок BaTiO_3 , методом плівкового лиття шляхом застосування охолодження суспензій. Вимірювання крайового кута змочування. Аналіз поверхні отриманих зразків методами оптичної профілометрії та мікроскопії. Обробка даних і написання статті. **(періодичне фахове видання)**

8. Загорний М. М., Жигоцький О. Г., **Іванченко С. Е.**, Нікулін А. Г., Рагуля А. В. / Формування композиційних плівок із нанопорошку BaTiO_3 // Наноструктурное Материаловедение. — 2012. — № 1. — С. 37–45, ISSN:1996-9988, *Особистий внесок здобувача*: дослідження впливу тривалості розмелу та типу ПАР на розмір частинок BaTiO_3 та в'язкість суспензій для плівкового лиття на їх основі. Аналіз впливу в'язкості суспензії та відстані від леза до носія на товщину та густину плівок. Участь в обробці даних, обговоренні і написанні статті. **(періодичне фахове видання)**

9. Vasylyev O. D., Brodnikovskiy Y. M., Brychevskiy M. M., Polishko I. O., **Ivanchenko S. E.**, Vereshchak V. G. From powder to power: Ukrainian way // SF Journal of Material and Chemical Engineering — 2018. Vol. 1, № 1. P. 1001, ISSN:2643-8100, scienceforecastoa.com/Articles/SJMCE-V1-E1-1001.pdf. *Особистий внесок здобувача*: створення суспензій, формування плівок електроліту (ZrO_2) та аноду (ZrO_2/NiO) для водневої паливної комірки методом плівкового лиття. Збірка багатошарових композитів. **(закордонне періодичне видання)**

10. **Ivanchenko S. E.**, Dulina I. O., Nikulin A. G., Kyрpal R. O., Umerova, S. O., Ragulya A. V. / The Influence of Slip Characteristics and Casting Parameters on the Thickness of Thin Films Obtained by Tape Casting // Proc. Int. Conf. Nanomater. Appl. Prop. — 2013. — Vol. 2, № 1. — С. 1–4, 2304-1862/2013/2(1)01NTF31(4) nap.sumdu.edu.ua/index.php/nap/nap2013/paper/download/1181/569 *Особистий внесок здобувача*: створення та реологічний аналіз суспензій нанопорошків BaTiO_3 . Визначення впливу типу та концентрації компонентів суспензії на в'язкість та характер течії суспензій. Дослідження впливу зміни параметрів процесу лиття на товщину та шорсткість поверхні плівок. Обробка даних і написання статті.

11. Білоус А. Г., В'юнов О. І., Янчевський О. З., Коваленко Л. Л., Солопан С. О., Васильєв О. Д., Рагуля А. В., Бродніковський Є. М., Полішко І. О., Бродніковський Д. М., Лисуненко Н. О., Бродніковська І. В., **Іванченко С. Е.**, Барановський Д. І. / Багатошарові структури на основі товстих плівок для низькотемпературної (600 °С) паливної комірки // Фундаментальні аспекти відновлювано-водневої енергетики і паливно-комірчаних технологій / за загальною редакцією Ю.М. Солоніна. — К.: «КІМ». 2018. С. 190–195, ISBN:978-617-628-070-5, materials.kiev.ua/Hydrogen/Book_printVer.pdf. *Особистий внесок здобувача*: створення суспензій, формування плівок електроліту (ZrO_2) та аноду

(ZrO₂/NiO) для водневої паливної комірки методом плівкового лиття. Збірка багатосарових композитів. Участь в обробці даних і обговоренні статті. **(розділ у монографії)**

12. Полішко І. О., Бродніковський Є. М., Лисуненко Н. О., Бродніковський Д. М., Бродніковська І. В., **Іванченко С. Е.**, Барановський Д. І., Бричевський М. М., Васильєв О. Д., Рагуля А. В., Білоус А. Г., В'юнов О. І., Янчевський, О. З., Коваленко Л. Л., Солопан С. О. / Розроблення режимів виготовлення аноду та електроліту керамічної паливної комірки методом стрічкового лиття // Фундаментальні аспекти відновлювано-водневої енергетики і паливно-комірчанних технологій за загальною редакцією Ю.М. Солоніна. - К.: «КІМ». 2018. С. 184–189, ISBN:978-617-628-070-5, materials.kiev.ua/Hydrogen/Book_printVer.pdf. *Особистий внесок здобувача:* створення суспензій, формування плівок електроліту (ZrO₂) та аноду (ZrO₂/NiO) для водневої паливної комірки методом плівкового лиття. Участь в обробці даних і обговоренні статті. **(розділ у монографії)**

13. V'yunov O., Kovalenko L., Yanchevskii O., Polishko I., **Ivanchenko S.**, Lysunenko N., Brodnikovskiy D., Chedryk V., Brodnikovska I., Vasylyev O. / Structural, impedance and electron-microscopic studies of multilayer systems for low-temperature (600° C) fuel cell // Hydrog. based energy storage status Recent Dev. / Yartys V., Solonin Y., Zavaliv I. — Lviv : Prostir-M., 2021. — P. 222–228. ISBN: 978-617-8055-08-0 http://www.materials.kiev.ua/Hydrogen_2019-2021/Hydrogen_2021.pdf *Особистий внесок здобувача:* створення суспензій, формування плівок електроліту (ZrO₂-Y₂O₃) для водневої паливної комірки методом плівкового лиття. Участь в обробці даних і обговоренні статті. **(розділ у монографії)**

14. Brodnikovskiy Y., Vasylyev O., Polishko I., Lysunenko N., Kovalenko L., **Ivanchenko S.**, Brodnikovskiy D., Chedryk V., Brodnikovska I., Horda R., Smyrnova-Zamkova M., Marek I., Myslyvchenko O., Ragulya A., Orlyk S., Belous A., Vereshchak V., Nosyk A. / Development of tape casting technique regimes for manufacturing of solid oxide fuel cells // Hydrog. based energy storage status Recent Dev. / Yartys V., Solonin Y., Zavaliv I. — Lviv : Prostir-M., 2021. — P. 229–237. ISBN: 978-617-8055-08-0 http://www.materials.kiev.ua/Hydrogen_2019-2021/Hydrogen_2021.pdf *Особистий внесок здобувача:* створення суспензій, формування плівок електроліту (8YSZ) та аноду (NiO/8YSZ) для водневої паливної комірки методом плівкового лиття. Участь в обробці даних і обговоренні статті. **(розділ у монографії)**

15. Zgalat-Lozynskyy O. B., Ieremenko L. I., Tkachenko I. V., **Ivanchenko S. E.**, Zelinskiy A. V., Shpakova G. V., Ragulya A. V. / Tribological Properties of ZrN–Si₃N₄–TiN Composites Consolidated by Spark Plasma Sintering // Powder Metall. Met. Ceram. — 2022. — Vol. 60, № 9–10 (541). — P. 95–107. ISSN:10681302, DOI:10.1007/s11106-022-00272-2. scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-5127545520&origin=resultslist&sort=plf-f, *Особистий внесок здобувача:* створення 2D та 3D профілів поверхні зразків та визначення шорсткості. Участь в обробці даних і обговоренні статті. **(закордонне періодичне видання, Scopus, Q3)**

16. Zgalat-Lozynskyy O., Tischenko N., Shirokov O., **Ivanchenko S.**, Tkachenko I., Grinkevych K., Ragulya A. / Deformation Treatment in Spark Plasma Sintering Equipment and Properties of AlON-based Ceramic // J. Mater. Eng. Perform. — 2022. — Vol. 31, № 3. — P. 2575 – 2582. ISSN:10599495, DOI:10.1007/s11665-

021-06381-0. scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85118677405&origin=resultslist&sort=plf-f *Особистий внесок здобувача:* створення 2D та 3D профілів поверхні зразків та визначення шорсткості. Участь в обробці даних і обговоренні статті. (закордонне періодичне видання, Scopus, Q2)

НАУКОВІ ПРАЦІ, ЯКІ ЗАСВІДЧУЮТЬ АПРОБАЦІЮ МАТЕРІАЛІВ ДИСЕРТАЦІЇ:

1. **Іванченко С.Е.**, Оцінка структури суспензій за допомогою реологічних параметрів // Міжнародна науково–практична конференція «Теоретичні і експериментальні дослідження в сучасних технологіях матеріалознавства та машинобудування» TERMM-2023, 5 травня 2023 р., Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна. *Особистий внесок здобувача:* Розробка методу нормування ступеню тиксотропії/реопексії. (заочна участь)
2. **Ivanchenko S.** Development of rheology-related suspension structure parameters // Конференція - Нетворкінг Європейського Керамічного Товариства “3rd YCN Workshop”, 19-21 квітня 2023р.; Університет Авейру, Авейру, Португалія. *Особистий внесок здобувача:* Розробка комплексу реологічних параметрів, що дозвлять оцінити структуру суспензії та її зміну під дією зсувних навантажень. (усна доповідь англійською)
3. **Ivanchenko S.**, Ragulya A. Hydroclusters size estimation in the colloid suspension // VIIIth International Samsonov Conference “Materials Science of Refractory Compounds” (MSRC-2022), 24-27 травня 2022 р.; НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», Київ, Україна. *Особистий внесок здобувача:* Розрахунок розміру структурних елементів суспензії за допомогою модифікованого для колоїдних розчинів рівняння вільної енергії Гіббса для процесу утворення зародків з газової фази. Розробка програмного алгоритму, заснованого на теорії Флорі, для створення 3D моделі довголанцюгових молекул полімеру та оцінка їх лінійних розмірів за різних умов (якість розчинника та зсув). (усна доповідь англійською)
4. **Ivanchenko S.**, Umerova S., Baranovskiy D., Ragulya A. Multilayer devices from thin films obtained by tape casting // International Symposium Nanomaterials, Microstructure and Properties: TRAMP19, Abstracts book, 7-9 листопада 2019 р.; Університет Кадді Аяд, Марракеш, Марокко. Р. - 64. *Особистий внесок здобувача:* створення суспензій, реологічний аналіз, формування тонких плівок BaTiO₃, Ni/NiO та CFO для пристроїв мікроелектроніки методом плівкового лиття. Збірка багатошарових композитів. (усна доповідь англійською)
5. **Ivanchenko S.**, Umerova S., Baranovskiy D., Ragulya A. Multilayer composites from thin films obtained by Tape Casting // 7th Shaping Conference, Shaping 7 Book of Abstracts, 11-13 вересня 2019 року, Університет Авейру, Авейру, Португалія. *Особистий внесок здобувача:* створення суспензій, реологічний аналіз, формування тонких плівок BaTiO₃ методом плівкового лиття. Збірка багатошарових композитів. (усна доповідь англійською)
6. **Ivanchenko S.**, Umerova S., Baranovskiy D., Ragulya A. Thin films for multilayer devices by tape casting method // Twenty-first Annual Conference

YUCOMAT 2019 Eleventh World Round Table Conference on Sintering WRTCS 2019 Programme and The Book of Abstracts, 2-6 вересня 2019 р.; Херцег-Нові, Чорногорія. *Особистий внесок здобувача*: створення тонких плівок BaTiO₃ методом плівкового лиття. (постер та усна доповідь англійською)

7. **Ivanchenko S. E.**, Multi layer composites by tape casting and screen printing // Конференція - Нетрворкінг "Реальність і перспективи матеріалознавства 2019", 27 червня, 2019 р.; Урочище "Бурлівщина", Переяслав, Україна. *Особистий внесок здобувача*: створення тонких плівок BaTiO₃, ZrO₂, ZrO₂/NiO, NASICON методом плівкового лиття та трафаретного друку. (усна доповідь англійською)

8. **Ivanchenko S. E.**, From films to devices. Tape casting experience // Конференція - Нетрворкінг Європейського Керамічного Товариства "1st YCN Workshop", 2-4 жовтня 2018 р., Смоленіце, Словачія; *Особистий внесок здобувача*: створення тонких плівок BaTiO₃ методом плівкового лиття. (усна доповідь англійською)

9. **Ivanchenko S.**, Umerova S., Ragulya A. Thin films from cooled suspensions by Tape Casting // VI International Conference: "Nanotechnology and Nanomaterials" NANO-2018 р; 27-30 серпня 2018 р., КНУ ім. Т. Шевченка, Київ, Україна. – Р. 203. *Особистий внесок здобувача*: створення тонких плівок BaTiO₃ з охолоджених суспензій методом плівкового лиття. (усна доповідь англійською)

10. **Іванченко С.Е.**, Полішко І.О. Створення плівок аноду та електроліту для водневих паливних комірок методом плівкового лиття // Науково-практична конференція «Відновлювана та воднева енергетика – 2018». Матеріали науково-практичної конференції; 18 травня 2018 р; НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», Київ, Україна. – С. 132-135. *Особистий внесок здобувача*: створення плівок аноду та електроліту для водневих паливних комірок методом плівкового лиття. (постер)

11. **Ivanchenko S.**, Umerova S., Baranovskiy D., Ragulya A. Obtaining BaTiO₃ ceramic tapes with thickness less than 500 nm by tape casting method from previously cooled suspension // 12th conference for young scientists in ceramics, 18-21 жовтня 2017 р.; Нові Сад, Сербія. – Р. 108. *Особистий внесок здобувача*: створення суспензій, реологічний аналіз, формування тонких плівок BaTiO₃ методом плівкового лиття з попередньо охолоджених суспензій. (постер)

12. **Ivanchenko S.**, Umerova S., Baranovskiy D., Ragulya A. Obtaining of BaTiO₃ ceramic tapes with thickness of 400 nm by tape casting // E-MRS 2017 Fall Meeting, 18-21 вересня 2017 р.; Варшава, Польща. – Symposium D., Р. 64. (D.P2.9.). *Особистий внесок здобувача*: створення суспензій, реологічний аналіз, формування тонких плівок BaTiO₃ методом плівкового лиття з попередньо охолоджених суспензій. (постер)

13. **Ivanchenko S.**, Polishko I. Creation of suspensions and obtaining of ceramic tapes for fuel cells by tape casting method // IX International conference in chemistry Kyiv-Toulouse (ICKT-9), 4-9 червня 2017 р.; КНУ ім. Т. Шевченка, Київ, Україна. – Р. 210. *Особистий внесок здобувача*: створення суспензій та

формування плівок аноду та електроліту для водневих паливних комірок методом плівкового лиття. **(постер)**

14. **Ivanchenko S. E.**, Polishko I.O., Baranovsky D.I., Brodnikovskiy Y.M., Vasylyev O.D., Ragulya A.V. Creation of defect-free ceramic tapes for solid oxide fuel cell by tape casting method // V International research and practice conference: “Nanotechnology and Nanomaterials” NANO-2017, 23–26 серпня 2017 р.; Чернівці, Україна. – Р. 58. *Особистий внесок здобувача*: створення суспензій, реологічний аналіз, формування плівок аноду та електроліту для водневих паливних комірок методом плівкового лиття. **(постер)**

15. **Ivanchenko S.E.**, Dulina I.O., Nikulin A.G., Kyrpal R.O., Umerova S.O., Ragulya A.V. Tape Casting of ferroelectric thin films based on BaTiO₃ nanopowders. Effect of components on the rheology of suspensions for casting and properties of the films // 2nd International research and practice conference "Nanotechnology and nanomaterials" NANO-2014, 27-30 серпня 2015 р.; ЛНУ ім. І. Франка, Львів, Україна. – Р. 174. *Особистий внесок здобувача*: створення суспензій, реологічний аналіз, формування плівок BaTiO₃ методом плівкового лиття та дослідження їх властивостей. **(постер)**

16. **Ivanchenko S.E.**, Dulina I.O., Nikulin A.G., Kyrpal R.O., Umerova S.O., Ragulya A.V. The Influence of Slip Characteristics and Casting Parameters on the Thickness of Thin Films Obtained by Tape Casting // 3-rd International Conference Nanomaterials: Applications and Properties-2013 (NAP-2013), 16–21 вересня 2013 р.; Алушта, АР Крим, Україна. *Особистий внесок здобувача*: створення суспензій, реологічний аналіз, формування плівок BaTiO₃ методом плівкового лиття та дослідження їх властивостей. **(постер)**

17. **Іванченко С.Е.**, Дуліна І.О., Умерова С.О., Нікулін А.Г., Кирпаль Р.О., Рагуля А.В. Дослідження впливу реологічних властивостей суспензій та технологічних параметрів процесу плівкового лиття на товщину та шорсткість наноструктурованих плівок BaTiO₃ // IV Международная научная конференция «Наноразмерные системы: строение, свойства, технологии» (НАНСИС–2013), 19–22 листопада 2013 р.; Інститут металофізики ім Г. Курдюмова НАН України, Київ, Україна. – С. 6-21. *Особистий внесок здобувача*: створення суспензій, реологічний аналіз, формування плівок BaTiO₃ методом плівкового лиття та дослідження їх властивостей. **(постер)**

Вважаємо, що дисертація Іванченка Сергія Едуардовича «**Реологічні властивості та структуроутворення суспензій на основі нанопорошку ВаТіО₃ при формуванні діелектричних шарів методом плівкового лиття**», подана на здобуття наукового ступеня кандидата наук, вирішує важливе науково-технічне завдання щодо розробки та модифікації реологічних параметрів течії, які характеризують структуру суспензії нанопорошків і отримання полімер-керамічних композитів методом плівкового лиття з шорсткістю поверхні Ra 9-30 нм та товщиною від 200 до 500 нм що в 5-10 разів менше промислових аналогів. Робота відповідає спеціальності 05.16.06 – «Порошкова металургія та композиційні матеріали» та профілю вченої ради Д26.207.03.

Кількість та обсяг публікацій за матеріалами дисертації відповідає вимогам Порядку присудження наукових ступенів № 567 від 24 липня 2013 р. (зі змінами). Матеріали дисертації достатньо повно викладено в основних опублікованих наукових працях.

У кваліфікаційній роботі не виявлено ознак академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації.

Робота може бути рекомендована до захисту на спеціалізованій вченій раді Д 26.207.03 в Інституті проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України.

Рекомендуються офіційні опоненти:

- д.т.н., доцент Сапронов Олександр Олександрович, професор кафедри транспортних технологій та механічної інженерії Херсонської державної морської академії
- д.т.н. проф. Пащенко Євгеній Олександрович, завідувач відділу Технології формування структурованих інструментальних композитів Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України

Автореферат відповідає змісту дисертації і може бути надрукований у поданому вигляді. Рекомендований додатковий список розсилання автореферату додається.

Висновок комісії затверджено на засіданні спеціалізованої вченої ради Д26.207.03 від “09” серпня 2023 р., протокол № 1.

Члени комісії:

чл.-кор. НАН України, д.т.н., с.н.с

М.Б. Штерн

д.т.н., проф.

В.Д. Рудь

д.т.н., с.н.с.

О.В. Михайлов