

ФІЗИЧНІ АНАЛОГІЇ В ГАЛУЗІ ІНЖЕКЦІЙНОГО СИНТЕЗУ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

Анотація. Наведені результати апробації методу фізичних аналогій в якості технології науково-освітнього процесу (нелінійної техніки мислення) для майже безресурсного “тунелювання” до нового наукового знання в науково-технічному інформаційному просторі на прикладі досліджень в галузі інжекційного синтезу композитних матеріалів енергетичних впливів на алюміній від оксидних мікрочастинок при їхніх ударних впровадженнях, факторів дефектоутворення на тонкому стрічковому електроді в цих умовах а також довговічності утримання металевими зв'язками в електродному композиті оксидних включень при циклічних навантаженнях.

Ключові слова: інформаційний простір, метод аналогій, інжекційний синтез, композитний матеріал.

Постановка проблеми. Аналіз досліджень і публікацій.

Для літєвої енергетики актуальність формування без зв'язуючого композитних функціональних шарів електродів літєвих джерел струму ініціює зацікавленість в дослідженнях фізичних механізмів структуроутворення металокомпозитів при високоенергетичних впливах, які супроводжують гальмування ударом і впровадження розігнаних високошвидкісним газовим струменем мікрочастинок електрохімічно активних речовин в приповерхневий шар тонкої електродної стрічки [1].

Перспектива використання інжекційного синтезу композитного шару для виготовлення катодів вторинних літєвих джерел струму висуває нові науково-технічні задачі, пов'язані з науковими основами теорії обробки матеріалів висококонцентрованими джерелами енергії (струменями впроваджуваних мікрочастинок).

Відомо, що основним результатом наукової діяльності є нове наукове знання [2]. Воно фіксується насамперед у нових публікаціях. Науко-

ве знання, представлене в першоджерелах, на етапі використання створює інформаційно-ресурсну і комунікаційну основу для подальшого розвитку науки.

Досвід організації творчої діяльності студентів на базі програмно-апаратних дослідницьких комплексів [3] і проблемно-орієнтованих інформаційних технологій [4] свідчить про те, що ресурси, вкладені в співпрацю зі студентами, складають тонкий прошарок відносно обсягів ресурсного забезпечення попередньої багаторівневої діяльності, результатом якої стало створення відповідних комплексів і технологій.

В умовах відсутності відчутних інвестицій в науку і освіту [5], певні оптимістичні сподівання на позараціональний результат практично безресурсного “тунелювання” науковців і освітян України до бажаних на сьогодні технологій науково-освітнього процесу породжують напрацювання, сформульовані в дослідженні [6], а саме – “відмова від традиційного уявлення про освітні процеси як лінійні траєкторії” і про те, що “в нелінійній техніці мислення затверджується мінливість, динамізм як адекватна межа світу, відбувається відмова від опозицій, що структурують світ в його усталених характеристиках”.

Відомо [7], що виступаючи на щорічних зборах Американської Психологічної Асоціації, Р. Опенгеймер відзначав: «Незалежно від того, чи ми говоримо про відкриття або винаходи чи ні, аналогія неминуча для людської думки, тому що до нового в науці ми приходимо з тим інструментарієм, який у нас є, – а це саме те, як ми навчилися думати і, перш за все, те, як ми навчилися думати про взаємозв'язок речей. Ми не можемо взаємодіяти з чимось незвіданим ніяким іншим чином, крім як на ґрунті знайомого і старомодного. Консерватизм наукового дослідження не довільна річ; це важіль, за допомогою якого ми діємо; це єдине обладнання, яке ми маємо. Ми не можемо навчитися дивуватися чомусь, якщо у нас немає уявлення про те, як це «щось» повинно виглядати; і це уявлення, – напевно, – аналогія ... Наука – це надзвичайно творчий і збагачуючий процес, вона сповнена новизни і дослідницького духу, і для того, щоб досягти цього, аналогія є незамінним інструментом».

Максвелл широко використовував механічні аналогії і побудовані на їх основі моделі, вважаючи їх важливими знаряддями пізнання [7]. Больцман писав: «... в кінці кінців, філософія максвелівських ідей була узагальнена у вченні про те, що пізнання взагалі не являє собою нічого іншого, як виявлення аналогій».

На думку М. Бунге [7], аналогія може бути плідною при попередньому дослідженні нової наукової області. Ступінь ймовірності отримання правильного умовиводу за аналогією буде тим вищим, чим більше відомо загальних властивостей у порівнюваних об'єктів. Тому крім навчання і зручного представлення отриманих результатів, метод аналогій може успішно застосовуватись і для безпосереднього отримання знань.

Мета дослідження

Метою роботи є апробація методу фізичних аналогій в якості прикладу “нелінійної техніки мислення” для майже безресурсного “тунелювання” до нового наукового знання в науково-технічному інформаційному просторі на прикладі галузі інжекційного синтезу композитних матеріалів.

Викладення основного матеріалу дослідження

Науково-освітня діяльність в рамках презентуємої роботи полягала в тому, що із залученням досяжних інформаційно-комунікаційних технологій розшукувались, виокремлювались і аналізувались в науково-технічному інформаційному просторі аналогії експериментально спостерігаємим при інжекційному синтезі композитних матеріалів процесам і явищам.

Розглянемо найбільш продуктивні із винайдених аналогій.

Аналогія між енергетичними впливами на алюміній від лазерних імпульсів і від оксидних мікрочастинок при інжекційному методі їх впровадження.

Для інжекційної технології формування тонкої електродної стрічки, що включає ударні гальмування на поверхні стрічки високошвидкісних оксидних мікрочастинок, характерні локальні оплавлення поверхні матричного металу електрода поблизу впроваджуваних мікрочастинок і їх осколків, які супроводжуються подальшими твердіннями (гартуван-

нями) оплавлених зон за рахунок тепловідводу через алюміній стрічки в товщу опорного валика [8].

Слід зазначити, що в сучасній науково-дослідницькій літературі відсутні публікації відносно закономірностей структуроутворення матричного металу електрода в зонах впровадження в нього ударним гальмуванням оксидних мікрочастинок. В той же час дослідженням закономірностей формування структур в нерівноважних умовах гартування розплавів на теплопровідній підкладці (у тому числі і при лазерному оплавленні поверхні) приділяється значна увага як в більшості розвинених країн світу, так і в Україні [9].

Як для імпульсної лазерної обробки з оплавленням (або передоплавленням) поверхні алюмінію і його сплавів [9], так і для енергетичних впливів надзвукових оксидних мікрочастинок при ударних гальмуваннях на поверхні тонкої алюмінієвої електродної стрічки, що супроводжуються її оплавленням [8], характерні наступні загальні риси: – локальність і відповідність просторової зони енергетичного впливу на поверхню (діаметр сфокусованого лазерного променя є величиною одного порядку з поперечними розмірами інжектуюмих оксидних мікрочастинок); – локальність і відповідність часового інтервалу енергетичних впливів на поверхню; – наявність тепловідводу в напівнескінченний шар алюмінію або його сплаву (тонка алюмінієва стрічка, в яку інжектуються мікрочастинки, спирається на масивну підкладку з теплопровідного металу, що з теплової точки зору є еквівалентним напівнескінченному шару); – наявність імпульсів тиску при енергетичних впливах на поверхню як сфокусованих лазерних імпульсів, так і впроваджуваних мікрочастинок. Подібність зазначених параметрів енергетичних впливів дозволяє з високою мірою достовірності розповсюдити результати, отримані при дослідженнях структуроутворення в зонах гартувань на оплавленій (чи передоплавленій) імпульсним лазерним випромінюванням поверхні алюмінію, на структуроутворення при гартуваннях в схожих умовах з оплавлень, які формуються ударною дією оксидних мікрочастинок на поверхню тонкої алюмінієвої електродної стрічки при інжекційній технології формування на ній металокомпозитного шару [8].

Аналогія між довговічностями утримання при циклічному навантаженні металевими зв'язками діамантових зерен в металокомпозитах, вживаних для обробки природного каменю, і оксидних вкраплень в інжекційно сформованому електродному металокомпозиті в процесі його експлуатації.

Специфічна особливість інжекції оксидних мікрочастинок в приповерхневий шар тонкої алюмінієвої електродної стрічки – застигання розплаву поблизу поверхні впроваджених оксидних мікрочастинок і їх осколків. Лункова фіксація оксидних мікрочастинок в електродному металокомпозиті є структурним фактором, який підвищує потенціал механічної витривалості металокомпозитного шару електрода, синтезованого з використанням інжекційної технології.

Міцнісні переваги утримання металевими зв'язками приутоплених в металі тонкої електродної стрічки оксидних мікрочастинок є одним з провідних пріоритетів інжекційної технології формування електродного металокомпозиту і, хоча й сприймаються як самоочевидні, поза сумнівом вимагають до себе дослідницької уваги в якості чинника, який позитивно впливає на конкурентоспроможність цієї технології.

З аналогії між механізмами утримання при циклічному навантаженні діамантових зерен в зв'язуючій металокомпозитній структурі і інжекційно впроваджених в тонку електродну стрічку оксидних мікрочастинок, які так само утримуються металевими зв'язками і піддаються циклічним навантаженням (у зв'язку з циклічними змінами розмірів оксидних мікрочастинок при інтеркаляції – деінтеркаляції літію в циклах зарядки – розрядки в процесі роботи літієвого джерела струму) маємо, що кількісно як ресурс циклування конструкційних сплавів на основі алюмінію, схильних до багатоосередкової мікротріщиноватості [10], так і ресурс довговічності при циклічному навантаженні діамантових зерен [11] відповідно в сотні і десятки разів перевершують досягнуті на сьогодні граничні кількості циклів зарядки-розрядки літієвих джерел струму, що свідчить про потенціал механічної довговічності інжекційно сформованого електродного оксидного металокомпозиту, який значно перевищує довговічність літієвого джерела струму в цілому.

Аналогія між явищем галопування проводів повітряних ліній електропередачі і сукупністю факторів дефектоутворення на тонкому стрічковому електроді при інжекційному синтезі на його поверхні металокомпозитного шару.

Фактори, які призводять до дефектоутворення на тонкому стрічковому електроді при інжекційному синтезі його металокомпозитного шару в результаті досліджень і систематизації зведені через аналогію із дослідженням [12] до коливальних проявів (галопування) тонкої металеві стрічки, переміщеної в інжекційній камері відносно двофазного струменя, що діє на неї [13].

Процес галопування тонкої металеві стрічки поблизу опорного валика в камері для інжекційного синтезу металокомпозитних стрічкових електродів через аналогію із [12] визначений в якості явища аеродинамічної нестійкості в результаті аеропружної взаємодії стрічки з двофазним струменем при збуренні збудження коливальних внаслідок переміщення ліній опираючої стрічки на опори.

Внаслідок того, що переміщення тонкої металеві стрічки відносно двофазного струменя є бажаною технологічною компонентою синтезу тонких стрічкових електродів інжекційним методом, були сформовані завдання на розробку таких нових методів пригноблення галопування (на відміну від рекомендованих в [12]), які б не обмежували можливість повздовжнього руху інжекційно оброблюваної стрічки.

Пригноблення явища галопування тонких стрічкових електродів через напрацьовані [13] методи оптимізації механізованого стрічкопротяжного устаткування підвищує «живучість» тонкої рухомі металеві стрічки і пом'якшує вимоги до діапазону величин її натягів при переміщенні.

Висновки

Результати, отримані при дослідженнях структуроутворення в зонах гартувань на оплавленій (чи передоплавленій) імпульсним лазерним випромінюванням поверхні алюмінію, в першому наближенні характеризують структуроутворення при гартуваннях з оплавлень (чи передоплавлень), які формуються ударною дією оксидних мікрочастинок на

поверхню тонкої алюмінієвої електродної стрічки при інжекційній технології формування на ній металокомпозитного шару.

Потенціал механічної довговічності (при циклічних навантаженнях) інжекційно сформованого електродного оксидного металокомпозиту значно перевищує довговічність літійового джерела струму в цілому.

Фактори, які призводять до дефектоутворення на тонкому стрічковому електроді при інжекційному синтезі його металокомпозитного шару зведені до явища аеродинамічної нестійкості в результаті аеропружної взаємодії стрічки з двофазним струменем при збуренні збудження коливань (галопування) внаслідок переміщення ліній опирання стрічки на опори.

З використанням методу аналогій отримане нове наукове знання в галузі технології інжекційного синтезу композитних матеріалів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Денисенко О. І. Дослідження інжекційного синтезу композитних функціональних шарів тонких стрічкових електродів / О. І. Денисенко // Т. 3 Фундаментальні дослідження. Математичне моделювання – прикладні аспекти. Харків-2012. – Технологічний аудит та резерви виробництва. – 6/3(8). – 2012. – С. 5-6.
2. Симоненко Т. В. Розвиток системи інформаційно-бібліотечного забезпечення науки / Т. В. Симоненко. – Науково-технічна інформація. – 2006. – № 3. – С. 52-56.
3. Денисенко О. І. Творча діяльність студентів на базі програмно-апаратних проблемно-орієнтованих дослідницьких комплексів / О. І. Денисенко. – Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції “Новітні комп’ютерні технології”. – Київ–Севастополь. – 2010. – С. 184-185.
4. Денисенко О. І. Проблемно-орієнтована інформаційна технологія дисперсійної діагностики порошків і включень / О. І. Денисенко. – Новітні комп’ютерні технології: Матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції: Севастополь, 11–14 вересня 2012 р. – К.: Мінрегіон України, 2012. – С. 30-32.
5. Теплицький І.О. Віртуальний фізичний лабораторний практикум як актуальна проблема сучасної дидактики / І. О. Теплицький, С. О. Семеріков. – Зб. наук. праць IV Всеукр. конф. “Теорія та методика навчання фундаментальних дисциплін у вищій школі”. – Т.2. – 2004. – С. 414-421.

6. Дольська О. О. Трансформації раціональності в полі освіти: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра філософ. наук : спец. 09.00.10 „Філософія освіти” / О. О. Дольська. – Х., 2010. – 31 с.
7. Попков В. И. Роль аналогии в развитии физики / В. И. Попков. – ISSN 2587-9022. Актуальная наука. – 2017. – №1. – С. 6-12.
8. Денисенко О. І. Фізичне моделювання інжекції оксидних мікрочастинок в металокомпозитні структури / О. І. Денисенко, В. І. Цоцко. – Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск ІХ. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2011. – С. 261-266.
9. Лисенко О. Б. Кінетика формування метастабільних кристалічних і аморфних фаз при загартуванні з розплаву та лазерному оплавленні поверхні: Автореф. дис... д-ра фіз.-мат. наук: 01.04.07 / О. Б. Лисенко. – Дніпропетр. нац. ун-т ім. О. Гончара. – Дніпропетровськ, 2009. – 42 с.
10. Башта О. В. Багатоосередкова пошкоджувальність конструкційних сплавів на основі алюмінію при циклічному навантаженні: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.02.09 / О. В. Башта . – Нац. техн. ун-т України "Київ. політехн. ін-т". – Київ, 2007. – 20 с.
11. Шатохін В. В. Закономірності зв'язку між довговічністю утримання алмазних зерен при циклічному навантаженні і фізико-механічними властивостями металевих зв'язок: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.02.01 / В. В. Шатохін. – Ін-т надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України. – Київ, 2010. – 20 с.
12. Удод Т. Є. Конструктивний захист повітряних ліній електропередачі від галопування проводів: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Т. Є. Удод. – Донбаська національна академія будівництва і архітектури. – Макіївка, 2008. – 19 с.
13. Денисенко А. И. Анализ проявления эффекта галопирования при инжекционном синтезе тонких ленточных электродов / А. И. Денисенко. – Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов. – Выпуск 4(69). – Днепропетровск, 2010. – С. 3-10.

REFERENCES

1. Denysenko O. I. Doslidzhennia inzhektiinoho syntezy kompozytnykh funktsionalnykh shariv tonkykh strichkovykh elektrodov / O. I. Denysenko // Materialy naukovo-praktychnoi konferentsii «Naukovi pidsumky 2012 r.» Т. 3 Fundamentalni doslidzhennia. Matematyчне modeliuвання – prykladni aspekty. Kharkiv-2012. – Tekhnolohichniy audyt ta rezervy vyrobnytstva. – 6/3(8). – 2012. – S. 5-6.

2. Symonenko T. V. Rozvytok systemy informatsiino-bibliotechnoho zabezpechennia nauky / T. V. Symonenko. – Naukovo-tekhnichna informatsiia. – 2006. – № 3. – S. 52-56.

3. Denysenko O. I. Tvorchia diialnist studentiv na bazi prohramno-aparatnykh problemno-oriietovanykh doslidnytskykh kompleksiv / O. I. Denysenko. – Materialy VIII Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii “Novitni kompiuterni tekhnolohii”. – Kyiv-Sevastopol. – 2010. – S. 184-185.

4. Denysenko O. I. Problemno-oriietovana informatsiina tekhnolohiia dispersiinoi diahnostryky poroshkiv i vkluchen / O. I. Denysenko. – Novitni kompiuterni tekhnolohii: Materialy Kh Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii : Sevastopol, 11–14 veresnia 2012 r. – K. : Minrehion Ukrainy, 2012. – S. 30-32.

5. Teplytskyi I. O. Virtualnyi fizychnyi laboratornyi praktykum yak aktualna problema suchasnoi dydaktyky / I. O. Teplytskyi, S. O. Semerikov. – Zb. nauk. prats IV Vseukr. konf. “Teoriia ta metodyka navchannia fundamentalnykh dystsyplin u vyshchii shkoli”. – T.2. – 2004. – S. 414-421.

6. Dolska O. O. Transformatsii ratsionalnosti v poli osvity: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia d-ra filosof. nauk : spets. 09.00.10 „Filosofiiia osvity” / O. O. Dolska. – Kh., 2010. – 31 s.

7. Popkov V. I. Rol analogii v razvitii fiziki / V. I. Popkov. – ISSN 2587-9022. Aktualnaya nauka. – 2017. – #1. – S. 6-12.

8. Denysenko O. I. Fizyчне modeliuвання inzheksii oksydneykh mikrochastynok v metalokompozytni struktury / O. I. Denysenko, V. I. Tsotsko. – Teoriia ta metodyka navchannia matematyky, fizyky, informatyky: Zbirnyk naukovykh prats. Vypusk IKh. – Kryvyi Rih: Vydavnychi viddil NMetAU, 2011. – S. 261-266.

9. Lysenko O. B. Kinetyka formuvannia metastabilnykh krystalichnykh i amorfnykh faz pry zahartuvanni z rozplavu ta lazernomu oplavlenni poverkhni: Avtoref. dys... d-ra fiz.-mat. nauk: 01.04.07 / O. B. Lysenko. – Dnipropetr. nats. un-t im. O. Honchara. – Dnipropetrovsk, 2009. – 42 s.

10. Bashta O. V. Bahatooseredkova poshkodzhuvanist konstruktsiinykh splaviv na osnovi aliuminiiu pry tsyklichnomu navantazhenni: Avtoref. dys... kand. tekhn. nauk: 05.02.09 / O. V. Bashta . – Nats. tekhn. un-t Ukrainy "Kyiv. politekhn. in-t". – Kyiv, 2007. – 20 s.

11. Shatokhin V. V. Zakonomirnosti zviazku mizh dovhovichnistiu utrymannia almaznykh zeren pry tsyklichnomu navantazhenni i fizyko-mekhanichnymy

vlastyvostryamy metalevykh zviazok: Avtoref. dys... kand. tekhn. nauk: 05.02.01 / V. V. Shatokhin. – In-t nadtverdykh materialiv im. V. M. Bakulia NAN Ukrainy. – Kyiv, 2010. – 20 s.

12. Udod T. Ie. Konstruktyvnyi zakhyst povitrianykh linii elektroperedachi vid halopuvannia provodiv: Avtoref. dys....kand. tekhn. nauk: 05.23.01/T. Ie. Udod. – Donbaska natsionalna akademiia budivnytstva i arkhitektury. –Makiivka, 2008.–19 s.

13. Denisenko A. I. Analiz proyavleniya efekta galopirovaniya pri inzhektionsionnom sinteze tonkih lentochnyih elektrodov / A. I. Denisenko. – Sistemnyie tehnologii. Regionalnyiy mezhvuzovskiy sbornik nauchnyih trudov. – Vyipusk 4(69). – Dnepropetrovsk, 2010. – S. 3-10.