**Звіт про науково-дослідну роботу: „** **НАУКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СИНТЕЗУ ТА КОНСОЛІДАЦІЇ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ПОКРИТТІВ В СИСТЕМІ Ti-Nb-B-С-Si ДЛЯ РОБОТИ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ ”**

**Мета роботи** полягає в дослідженні способів отримання композиційних порошків в системі Ti-Nb-B-С-Si, щільних композитів методами іскро-плазмового спікання і нанесення захисних покриттів з них з високими твердістю і зносостійкістю.

Терміни виконання наукової роботи: початок І кв. 2021р.

закінчення IV кв. 2023 р.

**Керівник роботи**: Згалат-Лозинський Остап Броніславович, д.т.н., (Email:zgalatlozynskyy@gmail.com)

**Скорочений зміст висновків рецензентів**.

Рецензенти зазначили, що роботу проведено на високому науковому рівні, з використанням вітчизняного та світового досвіду і сучасних методів дослідження. Відзначено важливість результатів комплексного дослідження закономірностей фазо- та структуроутворення композиційних порошків на основі безкисневих тугоплавких сполук TiB2-TiSi2, Si3N4-NbSi2, зміцнених карбідами титану та ніобію. На основі встановлених закономірностей розроблено технологічний прийом одержання дисперсних композиційних порошків NbSi2 - Si3N4, який предбачає введення надлишку Si3N4 в кількості 30 мас. % порівняно до стехіометричного складу. Твердофазна взаємодія в процесі механообробки в високоенергетичному планетарному млині АІР дозволяє одержати дисперсні композиційні порошки з середнім розміром агломератів 1-19 мкм, які в свою чергу складаються з дрібніших частинок розміром менше 200 нм. Форма та зміст роботи відповідають вимогам до фундаментальних НДР, а науково-практичні результати дослідження заслуговують на високу оцінку та продовження зусиль в цьому науковому напрямку.

**Пропозиції про подальше використання результатів роботи.**

Результати можуть бути використані в машинобудуванні, інших галузях для нанесення захисних покриттів на деталі та інструменти, які працюють в умовах інтенсивного зносу. Розроблені технологічні рекомендації можуть бути використані при маштабуванні техпроцесу для виготовлення комозиційних порошків NbSi2 - Si3N4.

Дані про реєстрацію роботи: № 0121U107923

**РЕФЕРАТ**

**Об’єкт дослідження** – композиційні порошки на основі TiB2 – TiSi2, Si3N4 –NbSi2, спечені електродні матеріали та захисні покриття з них.

**Мета роботи** полягає в дослідженні способів отримання композиційних порошків в системі Ti-Nb-B-С-Si, щільних композитів методами іскро-плазмового спікання і нанесення захисних покриттів з них з високими твердістю і зносостійкістю.

Досліджено умови синтезу композиційних порошків на основі TiB2 – TiSi2 з добавками тугоплавких сполук TiC та NbC в планетарному млині АІР–0,015А за механізмом механостимульованої реакції, які дозволяють одержувати гомогенні порошки з розміром частинок 50-150 нм.

Вивчено особливості твердофазної взаємодії порошкових сумішей Si3N4– Nb при термообробці в вакуумі. Розроблено режими синтезу композиційного порошку 86NbSi2–14Si3N4,які передбачають введення надлишку нітриду кремнію порівняно з стехіометричним співвідношенням компонентів.

Методом іскро-плазмового спікання з синтезованих порошків виготовлено електродні матеріали та відпрацьовано методику нанесення електроіскрових покриттів на сталеві та титанові підкладки в діапазоні параметрів енергії електричних імпульсів 0,1-1,1 Дж з опціональною лазерною обробкою. Твердість нанесених покриттів досягає 17 ГПа при товщині 40 мкм. Встановлено, що найбільшу зносостійкість та мінімальну силу тертя при взаємодії з твердосплавним контртілом має покриття на сталевій підкладці, отримане комбінованою електроіскровою та лазерною обробкою, нанесене електродом з TiB2+TiSi2+NbC.

**Ключові слова**: КОМПОЗИЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ, ПОКРИТТЯ, НІТРИД КРЕМНІЮ, ДИБОРИД ТИТАНУ, МЕХАНОСИНТЕЗ, ЕЛЕКТРОІСКРОВЕ ЛЕГУВАННЯ, ІСКРОПЛАЗМОВЕ СПІКАННЯ.

**Публікації**

1. Densification Kinetics of the TiB2–20 wt.% MoSi2 Composite During Nonisothermal Spark Plasma Sintering. M Kovalchenko, R Lytvyn, I Kud, O Zgalat-Lozynskyy. Powder Metallurgy and Metal Ceramics 62 (1-2), 41-51
2. Preparation of TiB2-20 Wt Pct MoSi2 Composite Material by Mechanochemical Synthesis and Spark Plasma Sintering. Zgalat-Lozynskyy, Kud, Ieremenko, Zyatkevych, Krushynska, Lytvyn, et al. Metallurgical and Materials Transactions A, 2021, 52 (6), 2451 – 2462
3. Physico-Mechanical Properties Of TiN-TiB2 And TiN-Si3N4 Coatings Obtained By Electrospark Deposition And Laser Treatment Roman Lytvyn, Ostap Zgalat-Lozynskyy, Kostyantyn Grinkevych, Іvan Tkachenko, Оleksander Bloschanevich, Оleksander Myslyvchenko, Tetyana Grebenok. Book of Abstracts. MSRC-2022, 24-27 May 2022, Kyiv, Ukraine, P. 80.
4. Mechanosynthesis of disperse composite powders based on TiB2-20MeSi2 and TiB2-20MeC systems (where Me – Ti, Nb). Iryna Kud, Larysa Krushynska, Roman Medyukh, Ostap Zgalat-Lozynskyy, Roman Lytvyn. Book of Abstracts. HighMatTech-2023, October 2-6, 2023 Kyiv, Ukraine, Р. 41.
5. Zgalat-Lozynskyi O.B., Kud I.V., Zyatkevych D.P., Ieremenko L.I., Krushinska L.A. Composites Based On High-Melting Point Compounds: Synthesis, Consolidation, And Promising Developments. VII Міжнародна Самсонівська конференція «Materials Science of Refractory Compounds (MSRC-2021)», 25-28 травня 2021, м. Київ. С. 97
6. Vasiliy Belik, Roman Litvin, Mykhailo Kovalchenko. Development Of Method For Extended Control Of The Electrospark Deposition Process. Book of Abstracts, MSRC-2022, 24-27 May 2022, Kyiv, Ukraine, Р. 73
7. Згалат-Лозинський О.Б. Композиційні матеріали на основі тугоплавких сполук: синтез, консолідація та властивості. Тези: ХVI Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених та фахівців «Проблеми сучасної ядерної енергетики» Харків, Листопад, 2022. C.15
8. Derev'yanko O.V., Lytvyn R.V., Grebenok T.P., Istomyna T.I., Kud I.V., Zgalat-Lozynskyy O.B. Production of TiB2-MoSi2-based ceramics in conditions of short-term electric current. XV Міжнародна науково-технічна конференція «Нові матеріали і технології в машинобудуванні-2023», квітень 2023 р., м. Київ, С. 19-20