

Міністерство освіти і науки України

КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО

Цикл наукових праць  
на здобуття щорічної премії Президента України  
для молодих учених

**ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ САМОРОЗПОВСЮДЖУВАЛЬНОГО  
ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗУ**

**1. КУЛИНИЧ Вікторія Дмитрівна** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри машинобудування Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

**2. БЄЛОКОНЬ Юрій Олександрович** – доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри обробки металів тиском Запорізького національного університету.

**3. СЕРЕДА Дмитро Борисович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри галузевого машинобудування Дніпровського державного технічного університету

РЕФЕРАТ

КРЕМЕНЧУК – 2022

**Реферат**  
**циклу наукових праць Белоконя Юрія Олександровича,**  
**Кулинич Вікторії Дмитрівни, Середи Дмитра Борисовича**  
**за темою**  
**«Інноваційні технології саморозповсюджувального**  
**високотемпературного синтезу»**

Проблеми інноваційного розвитку виробництва в напрямку ресурсозбереження вимагають розробки та впровадження нових конструкційних матеріалів. Оскільки суттєвим фактором для впровадження таких матеріалів є певний комплекс фізичних і механічних властивостей при низькій собівартості, одним з перспективних напрямків з вирішення даного питання є нанесення температуро-, зносо- і хімічно-стійких покриттів на робочих поверхнях та подальша їх експлуатація.

Зі збільшенням вмісту легуючих елементів у виробках, такі фізико-механічні характеристики, як міцність, твердість, зносостійкість зростають, але й підвищується ймовірність крихкого руйнування, збільшується вартість легованого металу. В даний час, це пояснює все зростаючий інтерес до покриттів. Необхідність застосування покриття, перш за все, обумовлена необхідними і, бажано, прогнозованими експлуатаційними властивостями. Сукупність умов експлуатації і визначає призначення покриттів, за якими вони діляться на: термостійкі, жаростійкі, ерозиційностійкі, зносостійкі, антифрикційні, корозійностійкі, ті, що відображають або поглинають різні випромінювання. Способи отримання захисних покриттів на металевих виробках розрізняються технологією нанесення покриття, і основною метою створення є задовільна адгезія з підкладкою, а також отримання суцільного, безпористого і стійкого в даному середовищі захисного шару.

В реаліях сьогодення явища саморозповсюджувального високотемпературного синтезу (СВС), а конкретно – способи хіміко-термічної обробки, набувають все більшого розповсюдження як такі, що дозволяють регулювати склад і структуру захисних покриттів, забезпечувати необхідні експлуатаційні характеристики при мінімальному терміні їх формування та відносно низькій собівартості виготовлення.

Серед методів поверхневого зміцнення широке застосування знаходять хромоалітовані захисні покриття, які отримані різними методами хіміко-термічної обробки (ХТО).

Сучасні темпи виробництва вимагають розробки нових конструкційних матеріалів, які б при низькій собівартості мали певний комплекс фізичних і механічних

властивостей. Одним з напрямків отримання таких матеріалів є виробництво конструкційного матеріалу з температуро-, зносо- і хімічно стійкими покриттями на робочих поверхнях. Відомі методи нанесення покриттів характеризуються високими енергетичними затратами. Газотранспортна СВС-технологія дозволяє різко зменшити тривалість технологічного процесу, що приводить до зменшення собівартості виробу.

Проведений літературний аналіз у напрямку дослідження властивостей легованих ХЗП обґрунтовує необхідність легування хромоалітованих покриттів для отримання конструкційних матеріалів з заданим комплексом фізико-механічних властивостей. Враховуючи невеликий обсяг досліджень, вважається за доцільне проведення фізико-хімічного моделювання зі встановлення механізмів формування легованих ХЗП, яке базується на результатах дослідження газової фази методом термодинамічного аналізу реакцій теплового самозаймання СВС-шихт, дослідженнях кінематичних схем хімічних перетворень у СВС-шихтах, а також - впливу швидкості горіння та отримуваної максимальної температури від  $\text{Cr}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Ti}$ ,  $\text{Si}$ , дослідження температурних характеристик режиму теплового самозаймання порошкових СВС-шихт.

Передбачуване використання конструкційних матеріалів в умовах зносу, корозії та корозії при високих температурах, проблема захисту сталей, латуні та вуглеграфітових матеріалів можна вирішити шляхом створення ХЗП легованих бором, кремнієм і титаном. Однак всі відомі методи нанесення захисних покриттів (порошковий, з паст, в рідких і газових середовищах) є енергоємними і характеризуються великою тривалістю процесу.

Теоретичні та експериментальні дослідження отримання покриттів, їх хімічний та структурний аналіз на кожній зі стадій перетворення є **актуальним і важливим науково-технічним завданням**, розв'язання якого дозволить прогнозувати необхідний склад покриття, температурний та часовий режими нанесення, а також – керувати фізико-технічними властивостями отриманих матеріалів та їх експлуатаційними характеристиками.

З огляду на вищесказане, **метою роботи** є підвищення ефективності використання легованих бором, кремнієм та титаном хромоалітованих захисних покриттів, отриманих в умовах саморозповсюджувального високотемпературного

синтезу на конструкційних матеріалах шляхом розробки методу фізико-хімічного моделювання процесу та визначення оптимальних складів СВС-шихт.

Для досягнення поставленої мети необхідне розв'язання наступних задач:

1. Проведення термодинамічного аналізу реакцій, що проходять в умовах саморозповсюджувального високотемпературного синтезу та встановлення складу газової фази при ХТО.

2. Дослідження температурних характеристик режиму теплового самозаймання порошкових шихт для саморозповсюджувального високотемпературного синтезу.

3. Розробка фізико-хімічної моделі отримання покриттів в умовах саморозповсюджувального високотемпературного синтезу, яка дозволяє встановити вплив компонентів СВС-шихт на структуру, фазовий склад та товщину покриттів.

4. Оптимізація складу СВС-шихт для отримання захисних покриттів з заданими експлуатаційними характеристиками;

5. Встановлення впливу бору, кремнію і титану на структуру, фізико-механічні та експлуатаційні властивості конструкційних матеріалів із захисними покриттями отриманими в умовах СВС.

6. Розробка раціональної енергоефективної технології отримання легованих хромоалітованих покриттів на конструкційних матеріалах.

7. Дослідно-промислове випробування деталей технологічного обладнання з захисними покриттями отриманим з використанням розроблених СВС-шихт.

Експериментальні дослідження виконані із застосуванням сучасних методів фізичних та механічних випробувань, мікроструктурного аналізу. Достовірність наукових результатів забезпечується використанням атестованого обладнання і сучасних методів досліджень з залученням оптичної та електронної мікроскопії вимірювання мікротвердості, залишкових напружень, сумарного балу крихкого руйнування та комплексу фізико-механічних властивостей, таких, як зносостійкість, корозійна та жаростійкість. Для оптимізації складу шихт застосовані методи моделювання, комп'ютерної та статистичної обробки результатів.

Дослідження механізму формування захисного покриття на конструкційних матеріалах здійснювали, використовуючи метод термодинамічного аналізу можливих хімічних реакцій між компонентами системи. Для цього був виконаний

розрахунок взаємодії газового насичуваного середовища, що утворюється в процесі СВС і матеріалом. Для термодинамічного аналізу СВС-процесу формування легованих ХЗП викорисовувалась універсальна програма розрахунку багатокomпонентних гетерогенних систем, відпрацьована для високотемпературних процесів. На відміну від традиційних у хімічній термодинаміці методів розрахунків параметрів рівноваги з використанням енергії Гіббса, констант рівноваги та закону діючих мас Гольдберга і Ваге, універсальна програма термодинамічних розрахунків базується на принципі максимуму ентропії для ізольованих термодинамічних систем, що перебувають у стані рівноваги та характеризуються максимумом ентропії щодо термодинамічних ступенів свободи, до яких відносяться концентрації компонентів системи, температура, тиск і т.д.

Проведено аналіз ефективності використання розчинів ПАР у якості змащуваних речовин при протіканні СВС-процесів та розробку системи прогнозних оцінок ефективності використання розчинів ПАР у якості змащуваних речовин при протіканні СВС-процесів. Розчини ПАР, як адсорбційно-активні речовин, знижують поверхневу енергію твердого тіла. Зниження вільної поверхневої енергії, пов'язане з адсорбцією, лежить в основі змін механічних властивостей (міцності і пластичності) твердих тіл під впливом поверхнево-активних речовин (ефект Ребіндера). Зменшенню поверхневої енергії при адсорбції на поверхні руйнування компонентів середовища (тобто при руйнуванні тіла в контакт з поверхнево-активним середовищем) відповідає зниженню міцності. Наведені співвідношення разом з рівнянням адсорбції Гіббса, що зв'язує зміну вільної поверхневої енергії з величиною адсорбції, є простим термодинамічним трактуванням ефекту адсорбційного зниження міцності.

Робота націлена на побудову алгоритму та опрацювання нанесення покриття на конструкційну сталь, його детального контролю на кожній зі стадій та аналізу фізико-технічних характеристик отриманого матеріалу. Пропонується дослідження механізму отримання покриттів, а також –експлуатаційні випробування отриманих зразків, наведено комп'ютерне моделювання та спектральний аналіз.

Леговане бором та титаном ХЗП отримано на деталях з метою підвищення їх зносостійкості. Низька вартість покриття порівняно з відомими методами отримання покриттів в ізотермічних умовах забезпечуються незначною собівартістю компонентів СВС-шихти, а також збільшенням термінів експлуатації технологічного

обладнання. Впровадження розроблених рекомендацій дозволить збільшити міжремонтний ресурс у 2,7-3,2 рази за рахунок підвищення зносостійкості у 1,9–2,1 рази.

На основі проведених досліджень і отриманих результатів розроблені нові леговані хромоалітовані захисні покриття і склади порошкових шихт для саморозповсюджувального високотемпературного синтезу, які мають пріоритетний характер, захищені патентами України. Розроблено раціональний процес поверхневого зміцнення. Крім того:

– Визначено стадії протікання процесу отримання легованих ХЗП, проведено аналіз стану на кожній стадії;

– Експериментально встановлено температури самозаймання та максимальні температури від кількості ХС в СВС-шихті

– Розроблено раціональний склад СВС-шихти для одержання зносостійких легованих ХЗП на сталі 50, що містять при легуванні бором 22% ХС + 12% Al + 11% В + 50% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 2% J<sub>2</sub> + 3% NH<sub>4</sub>F, при легуванні кремнієм 24% ХС + 15% Al + 7% Si + 49% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 2% J<sub>2</sub> + 3% NH<sub>4</sub>Cl, при легуванні титаном 25% ХС + 15% Al + 20% Ti + 35% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 2% J<sub>2</sub> + 3% NH<sub>4</sub>Cl.

– Досліджена кінетика формування захисних покриттів на сталі 50. Доведено, що залежності зміни товщини покриття від температури процесу є експоненціальною, а часова – параболічною; на базі отриманих даних спрогнозовано умови для отримання найбільшої товщини покриття.

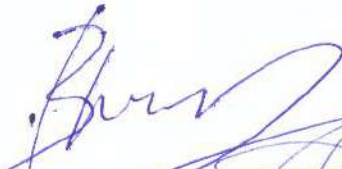


– Розроблена раціональна технологія отримання легованих хромоалітованих захисних покриттів на конструкційних матеріалах, що дозволяє використовувати відпрацьовану шихту, в якості: баластового наповнювача для СВС-шихт, абразивного матеріалу для шліфування, порошкового матеріалу для напилення.

Матеріали циклу наукових праць докт. техн. наук, доцента Белокопя Ю. О., канд. техн. наук, старшого викладача Кулинич В. Д., канд. техн. наук, доцента Середи Д. Б., «Інноваційні технології саморозповсюджувального високотемпературного синтезу» є узагальненням наукових результатів, отриманих авторами за період з 2011 по 2022 рр. під час виконання держбюджетних та внутрішньовузівських НДР: госпдоговірної НР № 359/16-«ТМаш-КрАЗ» «Розрахунок процесу руйнування броньованих автомобілів при динамічному навантаженні»; госпдоговірної НР № 373 /(17-18) – «ТМаш-ПГЗК» «Розробка

технології зміцнення коронок зубів ковшів екскаваторів та випробування нових зносостійких чавунів в експлуатаційних умовах для виготовлення деталей гірничого обладнання»; держбюджетної НДР, № ДР 0117U002295 «Управління структурно-фазовим станом деталей з наноструктурованих матеріалів на всіх етапах їх виготовлення із забезпеченням високих експлуатаційних характеристик виробів»; держбюджетної НДР, № ДР 0119U103409 «Вплив поверхнево-активних речовин на фізико-механічні властивості гірських порід»; науково-дослідної роботи «Розробка технології та організації промислового виробництва композиційних матеріалів, стійких в умовах дії високих температур та агресивних середовищ, для авіаційної та космічної техніки», 2015-2016 рр., (№ ДР 0115U004839); проекту науково-технічної (експериментальної) розробки молодих учених «Розробка інтерметалідних сплавів на основі алюмінідів титану для деталей газотурбінних двигунів та авіаційно-космічної техніки», 2016-2018рр (№ ДР 0116U007400); проекту конкурсу Ф75 на Грант Президента України для молодих учених «Розробка інтерметалідних сплавів на основі алюмінідів титану для деталей газотурбінних двигунів та авіаційно-космічної техніки», 2018 р. (№ ДР 0118U006345); науково-технічної (експериментальної) розробки молодих учених «Розробка інтерметалідних каталізаторів для знешкодження вуглецевмісних компонентів газових викидів в атмосферу», 2019-2020 рр. (№ ДР 0119U100588); науково-дослідної роботи «Отримання захисних покриттів на вуглеграфітових матеріалах в умовах саморозповсюджувального високотемпературного синтезу для деталей аерокосмічної техніки» (№ ДР 0109U000648); науково-дослідної роботи «Отримання жароміцних сплавів на інтерметалідній основі в умовах саморозповсюджувального високотемпературного синтезу» (№ ДР 0111U002176); науково-дослідної роботи «Поверхнєве зміцнення титанових сплавів деталей газотурбінних двигунів в умовах саморозповсюджувального високотемпературного синтезу» (№ ДР 0113U002049); науково-дослідної роботи «Розробка інтерметалідних сплавів на основі алюмінідів титану для газотурбінних двигунів у авіаційно-космічній техніці» (№ ДР 0113U002049).

Результати циклу наукових праць канд. техн. наук, старшого викладача Кулинич В. Д., докт. техн. наук, доцента Белоконя Ю. О., канд. техн. наук, доцента Середи Д. Б. опубліковано у 57 друкованих працях, з них 50 наукових статей, 2 монографії, отримано 5 патентів на корисну модель. За даною тематикою захищено дві дисертації - кандидатська та докторська.

Претенденти

 В. Д. Кулинич  
 Ю. О. Белоконь  
 Д. Б. Середя





## ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РОБОТОЮ

### Праці у наукових фахових виданнях України та інших держав та у виданнях України, які включено до міжнародних баз

1. Modeling deformation in material processing and laws of phasic by SHS pressing intermetallics alloys, Sereda B., Sereda D., Belokon Y., *Materials Science and Technology Conference and Exhibition*, 2015, Vol. 1, P. 611-617.
2. Kinetics formation of aluminized multifunctional coating on steel in SHS condition, Sereda B., Sereda D., *Materials Science and Technology Conference and Exhibition*, 2011, Vol. 2, P. 1667-1671.
3. Establishment of the relationship between the microstructure characteristics and the heat resistance of silicate coatings obtained under SHS conditions, Sereda B., Sereda D., Sereda I., *Materials Science and Technology Conference and Exhibition*, 2017, Vol. 1, P. 412-416.
4. Development of protective coatings formulations based on boron for units operating at high temperatures in metallurgy, Sereda B., Sereda D., *Materials Science and Technology Conference and Exhibition*, 2016, Vol. 2, P. 931-934.
5. Production of highly effective SHS coatings operating in oxidizing and corrosive environments, Sereda B., Sereda D., Kruglyak I., *Materials Science and Technology Conference and Exhibition*, 2017, Vol. 1, P. 424-429.
6. Corrosion resistance and mechanical properties zinc coating sheet steels, received in conditions of selfpropagating high temperature synthesis, Sereda B., Sereda D., *Materials Science and Technology Conference and Exhibition*, 2016, Vol. 2, P. 825-829.
7. Research of the Stress State while Obtaining Tapered Flares on the Connecting Elements of Electrical Wires, Arhat, R., Puzyr, R., Kulynych, V., Sira, Y., Shchetynin, V., Vorobyov, V., *Proceedings of the 20th IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems, MEES 2021*, DOI: 10.1109/MEES52427.2021.9598606.
8. Simulations and modeling of metallurgical phenomena produced on pressing in SHS-conditions, Sereda B., Sereda D., Anton K., Kryglyak I., *Materials Science and Technology Conference and Exhibition*, 2017, Vol. 2, P. 727-732
9. Numerical simulation of local plastic deformations of a cylindrical workpiece of a steel wheel rim, Salenko Y., Puzyr R., Shevchenko O., Kulynych V., Pedun O., *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2020, P. 442-451
10. The influence of deformation process at titan aluminides retrieving by SHS-compaction technologies, Sereda B., Kruglyak I., Zhrebtsov A., Belokon' Y., *Metallurgical and Mining Industry*. 2011, №7, P.59-63.
11. The processes research of structurization of titan aluminides received by SHS, Sereda B., Zhrebtsov A., Belokon' Y., *Materials Science and Technology Conference and Exhibition*, 2009, Vol. 3, P. 2069-2073.
12. The modeling and processes research of titan aluminides structurization received by SHS technology, Sereda B., Zhrebtsov A., Belokon' Y., *TSM-2010 Annual Meeting and Exhibition*, 2010, P. 99-105.
13. The modeling of products pressing in SHS-systems, Sereda B., Zhrebtsov A., Belokon' Y., Kruglyak I., Sheyko S., *Materials Science and Technology Conference and Exhibition*, 2008, Vol. 2, P. 827-831.
14. The retrieving of heat-resistant alloys on intermetallic base for details of gas turbine engine hot track in SHS conditions, Sereda B., Zhrebtsov A., Kruglyak I., Belokon' Y., Savela K., Sereda D., *Materials Science and Technology Conference and Exhibition*, 2010, Vol.3, P. 2097-2102.
15. Advanced chromoaluminizing coatings for heat-resistance on composite materials under SHS, Sereda, B., Sereda, D., *Materials Science and Technology Conference and Exhibition*, 2015, Vol. 1, P. 229-232.
16. Reducing the Operating Resource of the Induction Motor Bearings during the Modernization of Shaping Machines, Arhat, R., Vorobyov, V., Dolhikh, L., Kulynych, V., Trotsko, O., *Proceedings of the 20th IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems, MEES 2021*, DOI: 10.1109/MEES52427.2021.9598736.

17. Investigation of corrosion and oxidation of  $\gamma$ -TiAl alloys obtained in self propagating high temperature synthesis, Sereda B., Sereda D., Belokon Y., *Materials Science and Technology Conference and Exhibition*, 2015, Vol. 2, P. 1249-1255.

18. Influence of the surface-active substances implementation in the rock failure area on the intensity of rock crushing by means of the pulse loads, Doludareva Ya.S., Kozlovskaya T.F., Lemizhanskaya V.D., Komir A.I., *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2012, 4, P. 93-97.

19. The investigation of nanostructure formation in intermetallic  $\gamma$ -TiAl alloys, Belokon Y., Zherebtsov A., Belokon K., *IEEE International Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering (YSF-2017)*, 2017, P. 311-314.

20. Obtaining of boride coatings under shs conditions for car parts, Sereda B., Sereda D., *Materials Science and Technology Conference and Exhibition*, 2016, Vol. 2, P. 945-948.

21. Resource-saving technology of manufacturing of semifinished products from intermetallic  $\gamma$ -TiAl alloys intended for aviation engineering, Pavlenko D.V., Belokon' Y.O., Tkach D.V., *Materials Science*, 2020, 55(6), P. 908-914.

22. Multicomponent saturing of titan alloys by SHS, Sereda, B., Bondarenko, Y., Sereda, D., *Materials Science and Technology Conference and Exhibition*, 2011, Vol. 2, P. 1715-1720.

23. The research thermoplastic deformation modes of dual-phase special alloys for obtaining rational intermetallic structure, Belokon Y., Temin H., *METAL 2021 - 30th Anniversary International Conference on Metallurgy and Materials*, 2021, P. 348-353.

24. Modelling the influence of gaseous products of explosive detonation on the processes of crack treatment while rock blasting, Kulynych V., Chebenko V., Puzyr R., Pieieva I., *Mining of Mineral Deposits*, 2021, 15(3), P. 102-107.

25. Explosive stamping goals and objectives historical transformation (To the 70th anniversary of khai scientific school), Dragobetskii V.V., Taranenko M.E., Kulynych, V.D., *Defect and Diffusion Forum*, 2021, 410 DDF, P. 136-141.

26. The researching and modeling of physical-chemical properties of Ni-base alloys in SHS conditions, Sereda B., Belokon' Y., Zherebtsov A., Sereda D., *Materials Science and Technology Conference and Exhibition*, 2012, Vol. 1, P. 494-498.

27. To the Issue of the of Copper-Aluminum Elements Production for Conductive Assemblies in Electrometallurgy, Vorobyov, V., Kulynych, V., Vorobyova, L., Pieieva, I., Salenko, Y., Matiukhina, A., *Proceedings of the 20th IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems*, MEES 2021, DOI: 10.1109/MEES52427.2021.9598770

28. The usage of heat explosion to synthesize intermetallic compounds and alloys, Belokon K., Belokon Y., *Ceramic Transactions*, 2018, Vol. 261, P. 109-115.

29. Hard Alloys Recycling as a Promising Direction of Technological Equipment for Machine-Building Production, V. Kulynych, A. Shapoval, V. Dragobetskii, *Materials Science Forum*, Vol. 1052, pp 423-428, Trans Tech Publications Ltd, Switzerland. DOI: 10.4028/p-49mxgo

#### **Фахові статті**

30. Получение интерметаллидных соединений и покрытий при нестационарных температурных условиях, Середя Б. П., Белоконь Ю. А., Палехова И. В., Середя Д. Б., *Новые материалы и технологии в металлургии и машиностроении*, 2014, №. 2, С. 67-70.

31. Получение хромоалитированных покрытий на углеродистых материалах в условиях самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, Середя Б.П., Белоконь Ю.А., Середя Д.Б., Кругляк И.В., *Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Стародубовские чтения*, 2015, С. 296-301.

32. Влияние выбора подложки из высокоуглеродистых материалов на кинетику роста защитных покрытий в условиях самораспространяющегося высокотемпературного синтеза,

Середа Б.П., Белоконь Ю.А., Онищенко А.Н., Середа Д.Б., *Металургія: зб. наук. праць*, 2011, 25, С. 111-115.

36. Application of activation of substrate by aluminium and copper for increase of adhesive durability of sheetings received in self-propagating high-temperature synthesis conditions, Sereda B., Sheyko S., Kruglyak I., Belokon' Y., *10th International Conference on the Science and Technology of Adhesion and Adhesives*, 2008, P. 437-439.

37. Теоретичне та експериментальне визначення енергії активації утворення інтерметалідів у системах «Нікель-Алюміній» та «Титан-Алюміній», Белоконь Ю.О., Огинський Й.К., Белоконь К.В., Жеребцов О.А., *Металургія: зб. наук. праць*, 2017, Вип. 1 (37), С. 81-85.

38. Исследование условий взаимодействия интерметаллидных систем при нестационарных температурных процессах, Belokon Y.A., Zherebtsov A.A., Belokon K.V., Cheylitko A.A., *Construction, materials science, mechanical engineering*, 2017, №95, P.35-39.

39. Термодинамічний аналіз протікання СВС-реакцій у системі «Нікель-Алюміній». Белоконь Ю.О., Харченко О.В., Белоконь К.В., Башлій С.В. *Металургія: зб. наук. праць*, 2016, Вип. 1 (35), С. 43-47.

40. Термодинамічний аналіз протікання СВС-реакцій у системі «Титан-Алюміній», Белоконь Ю.О., *Металургія: зб. наук. праць*, 2016, Вип. 2 (36), С. 66-71.

41. On the influence of surface-active substances on the speed change of the mechanical processing of rocks, Vorobyov V., Kulynych V., *Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва*, 2017, 1, С. 28-32.

42. Применение процессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза для поверхностного упрочнения конструкционных сталей титаном и бором, Середа Б.П., Палехова И.В., Середа Д.Б., *Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні*, 2015, № 1, С. 38-42.

43. Моделювання деформаційних і реологічних параметрів синтезу інтерметалідних сплавів в умовах СВС-пресування, Белоконь Ю.О., *Наукові нотатки: міжвузівський збірник*, 2016, Вип. 54, С. 44-48.

44. Influence of parameters deformation on the structural phase transitions in steel and Ti-Al alloys, Belokon Y., Sheyko S., *Modern Science (Moderní věda)*, 2015, №2, P. 195-201.

45. Підвищення ефективності роботи в цехах з виготовлення оснастки для заготівельного виробництва, Гайкова Т. В. , Кулинич В. Д., *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*, 2021, Випуск 5(130), С. 68-74.

46. Development of wear-resistant coatings for automotive parts after processing in SHS conditions, Sereda B., Kruglyak I., Sereda D., Gaydaenko A., Kruglyak D., *Journal of sustainable development of transport and logistics*, 4(1), 2019, P. 25-30.

47. Исследование влияния поверхностно-активных веществ на прочностные характеристики скальных горных пород при различных типах воздействия, Кулинич В.Д., Воробьев В.В., Чебенко В.Н., *Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва*, 2017, 2, С. 43-49.

48. Исследование кинетики образования интерметаллидных  $\gamma$ -TiAl сплавов при нестационарных температурных условиях, Жеманюк П.Д., Белоконь Ю.А., Чейлитко А.А., Леховицер З.В., Жеребцов А.А., *Металургія: зб. наук. праць*, 2018, 1, С. 74-78.

49. Перспективи розвитку технологій та обладнання саморозповсюджувального високотемпературного синтезу, Белоконь Ю. О., Кулинич В. Д., Середа Д. Б., Драгобецький В. В., *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*, 2021, Випуск 6(131), С. 110-116.

47. Получение интерметаллидных титановых сплавов для деталей компрессора газотурбинных двигателей на основе метода самораспространяющегося высокоскоростного синтеза, Белоконь Ю.А., Павленко Д.В., Пахолка С.Н., *Вісник двигунобудування*, 2016, 1, С. 72-80.

48. Вплив дрібнодисперсних інертних твердих частинок в заряді на знеміцнення твердих середовищ, Кулинич В. Д., Пєєва І. Е., Воробйов В. В., Воробйова Л. Д.,

Чебенко В. М., *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*, 2021, Випуск 2(127), С. 88-94. DOI: 10.30929/1995-0519.2021.2.88-93

### **Монографії**

49. Поверхнєве зміцнення конструкційних матеріалів з використанням композиційних насичуючих середовищ: монографія, Серєда Б.П., Кругляк І.В., Баскевич О.С., Белоконь Ю.О., Кругляк Д.О., Серєда Д.Б., Кам'янське : ДДТУ, 2019, 246 с. ISBN : 978-966-175-187-2

50. Термохімічне прєсування інтерметалідних сплавів: монографія, Белоконь Ю.О., Запоріжжя: РВВ ЗДА, 2018, 220 с. ISBN 978-617-7120-15-4.

### **Патенти України на корисну модель**

51. Пат. на корисну модель №146135 Україна, Наконечник зуба розпушувача ґрунту МПК E02F 9/28 u202005597 заяв. 31.08.2020 опубл. 21.01.2021, Бюл. №3.

52. Пат. на корисну модель № 145393 Україна, Спосіб виготовлення зносостійкого біметалічного листа, МПК B23K 9/04 u202003582 заяв. 15.06.2020 опубл. 11.12.2020, Бюл. №23.

53. Пат. на корисну модель № 116511 Україна, Свердловинний заряд, МПК (2017.01) E21C41/26 (2006.01) F42D1/00. № u201612177; заявл. 01.12.16; опубл. 25.05.17, Бюл. № 10. 3 с.

54. Пат. на корисну модель № 122503 Україна, Спосіб ведення буровибухових робіт, МПК (2017.01) E21C 41/26 (2006.01) F42D 1/00. № u201707945; заявл. 31.07.17; опубл. 10.01.18, Бюл. № 1. 1 с.

55. Пат. на корисну модель №133598 України, Спосіб отримання інтерметалідного сплаву, МПК (2006) C22C 1/04, C22C 14/00, C22C 21/00, B22F 3/08. № u2018 11820; заявл. 30.11.2018; опубл. 10.04.2019, Бюл. 7. 3 с.

56. Пат. на корисну модель №120332 України, МПК (2017.01) E21B 7/00, E21C 45/00. Робочий орган для електрогідравлічного впливу на пористе середовище. No u 2017 04976; заявл. 22.05.2017; опубл. 25.10.2017, Бюл. 20. 4 с

57. Пат. на корисну модель №124706 України, МПК (2006) E21B 7/00, E21C 37/00. Робочий орган для електрогідравлічного устаткування. No u 2017 08920; заявл. 07.09.2017; опубл. 25.04.2018, Бюл. 8. 4 с.