

Секція: Аерокосмічна техніка і транспорт

Назва проекту: Розробка інтерметалічних сплавів на основі алюмінідів титану для деталей газотурбінних двигунів та авіаційно-космічної техніки
(не більше 15-ти слів)

Назва напрямку секції (згідно із паспортом секції обирається до 2-х напрямів):
Науково-технічні проблеми дослідження, проектування, виробництва, випробування, експлуатації та ремонту двигунів та енергоустановок для авіаційно-космічної техніки і транспортних засобів (в тому числі газотурбінних, рідинно-реактивних, твердопаливних, електрореактивних, дизельних, бензинових та ін. і енергетичних установок на основі перетворювачів енергії різних типів: турбомашинних, фотоелектричних, електрохімічних та ін.), узгодження та оптимізацію процесів взаємодії компонентів у двигунах і енергетичних установках.

Організація-виконавець: Запорізька державна інженерна академія
(повна назва)

Місце знаходження: м. Запоріжжя, вул. пр. Соборний, 226

Назва пріоритетного тематичного напрямку Конкурсу проектів наукових робіт та науково-технічних (експериментальних) розробок молодих учених:
нові технології виробництва матеріалів, їх оброблення, з'єднання, контролю якості; матеріалознавство; наноматеріали та нанотехнології.

АВТОРИ ПРОЕКТУ:

Керівник проекту (П.І.Б.) Белоконь Юрій Олександрович
(основним місцем роботи керівника проекту має бути організація, від якої подається проект)
Науковий ступінь кандидат технічних наук вчене звання доцент
Місце основної роботи Запорізька державна інженерна академія
Посада докторант кафедри металургії чорних металів
Тел.: 0961129554 Е-mail: belokonura@rambler.ru
Дата народження: 07.05.1984 р.

Відповідальний виконавець проекту (П.І.Б., науковий ступінь, вчене звання, посада):
Кругляк Дмитро Олегович, к.т.н., доцент кафедри ОМТ
Тел.: 0673553463 Е-mail: krugly@ukr.net
Дата народження: 24.01.1987 р.

Проект розглянуто й погоджено рішенням вченої ради Запорізької державної інженерної академії від « » 2016 р., протокол № .

Керівник проекту Белоконь Ю.О. Запорізька державна інженерна академія

Підпис: _____ Ректор: Банах Віктор Аркадійович

Підпис: _____

« » 2016 р.

« » 2016 р.

П Р О Е К Т

науково-технічної (експериментальної) розробки молодих учених,
що виконуватиметься за рахунок коштів загального фонду державного бюджету

Назва проекту: Розробка інтерметалідних сплавів на основі алюмінідів титану для деталей газотурбінних двигунів та авіаційно-космічної техніки

Пропоновані строки виконання проекту (до 2 років): з 01.08.2016 по 31.07.2018

Обсяг фінансування: 400 тис. грн., зокрема на 1-й рік 200 тис. грн.,
2-й рік 200 тис. грн.

1. АНОТАЦІЯ (українською та англійською мовами до 15 рядків)

Розглянуто можливість отримання інтерметалідних титанових сплавів для лопаток компресору газотурбінних двигунів на основі методу саморозповсюджувального високотемпературного синтезу (СВС). Показано, що розроблені склади СВС-сумішей і технологічні режими СВС-процесу, дозволяють створювати інтерметалідних сплави на основі алюмінідів титану. Результати мікрорентгеноспектрального аналізу дозволили довести отримання в γ -TiAl сплаві двофазної структури з інтерметалідних фазами γ -TiAl + α_2 -Ti₃Al. Встановлено, що запас міцності лопаток компресору сучасних ГТД виготовлених з інтерметалідних титанових сплавів відповідають вимогам нормативних документів.

The possibility of obtaining intermetallic titanium alloys for compressor blades of gas turbine engines based on the method of self-propagating high-temperature synthesis (SHS). It was shown that the developed formulations of SHS mixtures and technological modes of SHS process, allow to create intermetallic alloys based aluminides titanium. The results of microprobe analysis were used to prove the receipt of γ -TiAl in a two-phase structure of the alloy with intermetallic phase γ -TiAl + α_2 -Ti₃Al. It was established that the safety factor of the compressor blades of modern gas turbine engine made of intermetallic titanium alloys meet the requirements of normative documents.

2. ПРОБЛЕМАТИКА ДОСЛІДЖЕННЯ (до 15 рядків)

2.1. Одним з найбільш перспективних напрямів в області одержання нових матеріалів з високим рівнем експлуатаційних характеристик є створення інтерметалідних сплавів на основі алюмінідів титану. Висока температура плавлення, низька щільність (3,8 г/см³) порівняно із суперсплавами (8,0 г/см³), висока жаростійкість і жароміцність алюмінідів титану створює сприятливі перспективи для застосування в авіакосмічній техніці й енергетиці, а саме при виготовленні газових турбін і компресорних станцій, а також як базових конструкційних матеріалів для створення авіадвигунів нового покоління. Не дивлячись на вищезазначені переваги, алюмініди титану на сьогоднішній день не вийшли на рівень масового промислового застосування. Це обумовлено низькою пластичністю зазначених матеріалів за нормальної температури та високими затратними існуючими технологіями їх виготовлення. Тому розробка нових технологій для одержання інтерметалідних сполук з підвищеними фізичними властивостями, що працюють в агресивних умовах є актуальною темою досліджень.

2.2. Об'єкт дослідження – процес отримання інтерметалідних титанових сплавів в умовах СВС для деталей гарячого тракту ГТД.

2.3 Предмет дослідження – порошкові СВС-суміші та технологічні режими СВС-компактування, експериментальні зразки соплових та робочих лопаток ГТД з отриманого матеріалу.

3. СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ І РОЗРОБОК ЗА ТЕМАТИКОЮ (до 70 рядків)

3.1. Сформульовані вище проблеми отримання і пресування порошкових матеріалів на основі Ti-Al в умовах СВС дозволило сформулювати основні напрямки і завдання, вирішенню яких і присвячений цей проект. На даний час автори проекту опублікували ряд наукових робіт, які

зводяться до розробки нових і розвитку існуючих реологічних моделей деформованих порошкових тіл; розробки математичних моделей, теоретичного та експериментального дослідження процесів теплообміну і пластичного деформування при пресуванні гарячих продуктів СВС. На основі даних цих робіт і отриманих результатів зроблено спробу встановити основні закономірності ущільнення і формоутворення, визначити шляхи і способи управління процесами формування властивостей спресованих виробів в умовах СВС. Для вирішення проблеми використано метод математичного моделювання, при реалізації якого умовно можна виділити наступні основні етапи: ідеалізація внутрішніх властивостей заданого процесу (об'єкта) і зовнішніх впливів (побудова фізичної моделі); математичне формулювання поведінки фізичної моделі (побудова математичної моделі); вибір методу дослідження математичної моделі і проведення цього дослідження; аналіз отриманого математичного результату; перевірка адекватності (відповідності) фізичної та математичної моделей реальній поведінки процесу в спеціальним чином спланованих експериментах. Подальші дослідження будуть спрямовані на експериментальне підтвердження результатів моделювання і розрахунків. В основному це стосується щільності і структури матеріалу заготовки, її кінцевої геометричної форми і фізико-механічних властивостей отриманого продукту.

3.2 Основний напрямок досліджень в області СВС-пресування пов'язаний з розробкою принципово нових матеріалів з часто унікальними спеціальними або багатофункціональними властивостями. Значний успіх у цьому напрямку забезпечили роботи основоположника СВС-процесу академіка О.Г. Мержанова (Інститут структурної макрокінетики і проблем матеріалознавства). Також серед зарубіжних вчених слід відзначити роботи І.П. Боровинської, Є.А. Левашова (Росія) [1], М. Коїдзумі, Е. Міямото (Японія) [2], І.К. Ла Салвея, М.А. Мейерса (США) [3, 4], Б. Лю, Ю. Чен та ін. (Китай) [5-8]. На даний час число наукових робіт з СВС-пресування матеріалів різного призначення становить кілька десятків. Протягом 2000-2015 років більшістю дослідників (ІСМАН, ІПСМ, РФ та GKSS, Німеччина) було визнано, що для забезпечення бажаного поєднання властивостей Ti-Al сплавів - високої жароміцності, пластичності і в'язкості руйнування, необхідно мати рівноосну пластинчасту структуру з малим розміром зерен ($d = 30...100$ мкм). Зменшення розміру зерен шляхом термомеханічної обробки до рівня $d \approx 10$ мкм веде до подальшого підвищення пластичності при кімнатній температурі, але при цьому відбувається зсув температури крихко-в'язкого переходу (ХВП) з ≈ 800 до $600...700$ °С і відповідне зниження температури потенційного використання γ -TiAl сплавів. Проблема подрібнення структури злитків γ -TiAl сплавів є ключовою, оскільки тільки через досягнення однорідної структури з відносно малим розміром зерен у злитку можна розраховувати на поліпшення технологічних властивостей. Як відзначають провідні вчені в галузі отримання γ -TiAl сплавів Імаєв В.М. та Г. Клеменс [9, 10], СВС-технологія може бути з практичної точки зору дуже перспективною, оскільки γ -TiAl сплави належать до важкодеформуємих і низькотехнологічних матеріалів. В роботах [7, 8, 10] були отримані цілком обнадійливі дані про механічні властивості порошкових γ -TiAl сплавів. Зокрема, перспективне застосування порошкових технологій представляється відносно виробництва листових напівфабрикатів із γ -TiAl сплавів.

3.3. В якості аналогу використовується відомий спосіб [10], суть якого полягає в наступному. Вихідні заготовки сплаву Ti-43.5Al-4Nb-1Mo-0.1B (в ат.%), отримані методом порошкової металургії були піддані гарячому ізостатичному пресуванню при 1300 °С протягом 2 годин. У результаті в них була отримана дрібнозерниста дуплексна мікроструктура. Після цього матеріал поміщався в оболонку, нагрівався до температур фазових перетворень і прокатувався на холодних валках з великою швидкістю («пакетна» прокатка). Оболонка потрібна була для створення квазіізотермічних умов, а також для захисту матеріалу від окислення. В якості прототипу використовується відомий спосіб СВС-пресування [патент РФ № 2050192, В01J 25/02, 1995] та [патент України № 63411, В01J 25/00, 2011] де завдяки синхронізації процесів СВС і динамічного компактування продукту синтезу можливе отримання компактного інтерметалідного сплаву з високодисперсною структурою, розмір зерен в якому значно менше, ніж у сплавах, отриманих методами лиття, спікання або ударно-хвильової дії на синтезований продукт.

№	Повні дані про статті
1	<i>Левашов, Е.А.</i> Физико-химические и технологические основы самораспространяющегося высокотемпературного синтеза / Е.А. Левашов, А.С. Рогачев, В.И. Юхвид, И.П. Боровинская. – М.: БИНОМ, 1999. – 176 с. – ISBN 5-7989-0126-2.
2	<i>Miyamoto, Y.</i> High-pressure Self-combustion Sintering for Ceramics / Y. Miyamoto, M. Koizumi, O. Yamada // J. Am. Ceram. Soc. – 1984. – V. 67. – № 11. – P. 224-227.
3	Combustion Synthesis in the Ti-C-Ni-Mo System: Part II. Analyses / J.C. LaSalvia, D.K. Kim, R.A. Lipsett, M.A. Meyers // Met. and Mater. Transactions. – 1995. – V. 26a. November. – P. 3011-3018.
4	Synthesis in the Ti-C-Ni-Mo System: Part I. Micromechanisms / J.C. LaSalvia, D.K. Kim, R.A. Lipsett, M.A. Meyers Combustion // Met. and Mater. Transactions. – 1995. – V. 26a. November. – P. 3001-3009.
5	Hot deformation behavior of TiAl alloys prepared by blended elemental powders / B. Liu, Y. Liu, W. Zhang, J.S. Huang // Intermetallics. – 2011. - №19. – P. 154–159.
6	Heat transfer and macrostructure formation of Nb containing TiAl alloy directionally solidified by square cold crucible / J.R Yang, Y.Y. Chen, H.S. Ding, [and other] // Intermetallics. – 2013. - №42. – P.184–191.
7	Thermomechanical characterization of beta-stabilized Ti-45Al-7Nb-0.4W-0.15B alloy / B. Liu, Y. Liu, Y.P. Li, W. Zhang, A. Chiba // Intermetallics. – 2011. - №19. – P.1184–1190.
8	Review of the investment casting of TiAl-based intermetallic alloys / Y.Y. Chen, Y. Jia, S.L. Xiao, L.J. Xu // Acta Metall. – 2013. - №49. – P.1281–1285.
9	<i>Имаев, В.М.</i> Современное состояние исследований и перспективы развития технологий интерметаллидных γ -TiAl сплавов / В.М. Имаев, Р.М. Имаев, Т.И. Оленева // Письма о материалах. – 2011. – Т.1. – С. 25-31.
10	Enhancement of creep properties and microstructural stability of intermetallic β -solidifying γ -TiAl based alloys / M. Kasthuber, B. Rashkova, H. Clemens, S. Mayer // Intermetallics. – 2015. – №63. – P. 19-26.

4. МЕТА, ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ ТА ЇХ АКТУАЛЬНІСТЬ (до 70 рядків)

4.1. Ідея та робоча гіпотеза проекту - створення жаростійкого сплаву з підвищеними гарячою твердістю й ерозійною стійкістю, а також опором тепловим ударам, що дозволяють використовувати вироби, виконані з нього при температурах понад 600 °С у гарячому тракті ГТД.

4.2. Мета проекту - розробити технологію одержання інтерметалічних титанових сплавів з дрібнозернистою двофазною структурою у режимі теплового самоzapалювання для систем Ti-Al-(Cr, Nb) та провести промислову апробацію технологічних процесів.

Досягнення поставленої мети зумовило необхідність вирішення наступних завдань:

- проведення термодинамічного аналізу реакцій та їх продуктів для розглянутих СВС-систем;
- розроблення фізико-хімічних моделей структуроутворення інтерметалічних сплавів у режимі теплового самоzapалювання; дослідження теплофізичних характеристик процесу і їх вплив на кінетику формування структури і фазового складу в інтерметалічних титанових сплавах;
- оптимізація складів реакційних порошкових середовищ і процесу пластичної деформації для отримання інтерметалічних титанових сплавів з оптимальними показниками механічних властивостей;
- дослідження структури, хімічного і фазового складу сплавів;
- дослідження фізико-механічних властивостей сплавів та випробування експериментальних зразків деталей ГТД з отриманого TiAl сплаву.

4.3. Запропонована СВС технологія альтернативна традиційним технологіям одержання матеріалів і виробів, основаним на використанні зовнішніх джерел тепла. Характерні риси

запропонованої технології: використання більш дешевої внутрішньої хімічної енергії взаємодії реагентів замість зовнішньої електричної, простота й дешевизна устаткування завдяки відсутності зовнішнього джерела тепла, більша швидкість процесу (малий час синтезу) і висока продуктивність. З вище наведеного видно, що виробництво матеріалів в умовах СВС відрізняється від пічних аналогів більшою економією електроенергії, виробничих площ, скороченням числа технологічних операцій, збільшенням продуктивності праці, що в цілому проявляється в зниженні собівартості продукції.

5. ПІДХІД, МЕТОДИ, ЗАСОБИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ І РОЗРОБОК ЗА ПРОЕКТОМ (до 50 рядків)

5.1. В умовах синхронізації процесів СВС і динамічного компактування продукту синтезу можливо отримання компактного інтерметалідного сплаву з високодисперсною структурою, розмір зерен в якому значно менше, ніж у сплавах, отриманих методами лиття, спікання або ударно-хвильової дії на синтезований продукт. Подрібнення зерна інтерметалідного сплаву в процесі його синтезу під тиском відбувається в результаті пластичної деформації продукту синтезу і високих швидкостей охолодження. Більш високу ефективність процесу подрібнення зерен структури інтерметалідного сплаву можна досягти при інтенсивній пластичній деформації синтезованого сплаву в процесі формування зерен структури під час високотемпературного синтезу сплаву під тиском. Наприклад, шляхом екструзії синтезованого інтерметалідного сплаву через отвір (калібр) в прес-формі безпосередньо під час високотемпературного синтезу під тиском (СВС-пресування).

5.2. Для надання виробу з γ -TiAl сплаву кінцевих властивостей необхідно піддати пластичній деформації у високотемпературній фазовій області для отримання пластинчастої структури, оскільки вважається, що саме вона забезпечує найкраще поєднання високотемпературних властивостей - міцності, опору повзучості, з кімнатними - пластичністю і в'язкістю руйнування. Пластична деформація, може бути ефективною не тільки для отримання дрібнозернистих напівфабрикатів, але і для управління параметрами пластинчастої структури в TiAl сплавах, зокрема, при отриманні пластинчастих мікроструктур з малим розміром зерен і мікрокристалічною міжпластинчастою відстанню, що представляють, згідно з літературними даними, найбільший практичний інтерес.

5.3. Проведення дослідження буде відбуватися в два етапи. На першому етапі буде проведено теоретичний аналіз, математичне та фізичне моделювання процесів отримання TiAl сплав. Для реалізації процесу моделювання використовується симулятор металургійних процесів Gleeble 3800. Математичне моделювання процесів деформації продуктів синтезу виконується з використанням програмного забезпечення Deform-3D. При цьому для вирішення термодеформаційної задачі пресування γ -TiAl сплавів в програму Deform буде інтегровано дані про реологічні властивості γ -TiAl сплавів $\sigma = f(\epsilon, \dot{\epsilon}, T)$, які отримані експериментально на комплексі Gleeble-3800. На другому етапі буде використаний повний комплекс методів дослідження з визначення структури, фізико-механічних властивостей матеріалів при проведенні експериментальних досліджень. Визначення хімічних складів сплавів буде здійснено рентгеноспектральним і хімічним методами. Металографічні дослідження структури і фрактограмм зламів сплавів буде проведено з використанням оптичного і растрового електронного мікроскопів. Фазовий склад сплавів буде контролюватися за допомогою рентгеноструктурного аналізу. Розмір дійсного зерна і співвідношення структурних складових γ -TiAl та α_2 -Ti₃Al зразків буде визначено за допомогою програмно-апаратного комплексу, до складу якого входить світловий інвертований мікроскоп «AXIOVERT 200 MAT» з автоматичною системою аналізу зображень «Відео-тест-Метал». Механічні властивості визнаються за стандартними методиками при статичних, знакозмінних і ударних навантаженнях. Для вивчення хімічних реакцій і фазових перетворень в досліджуваних сплавах, що відбуваються з виділенням або поглинанням тепла, застосований метод термогравіметричного аналізу за допомогою дериватографа Q-1500. Дослідження виконуються у відповідності з існуючими стандартами на приладах і обладнанні, що пройшли метрологічний контроль. Обробка статистичних даних здійснюється регресійної-кореляційним методом.

6. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОНАННЯ ПРОЕКТУ ТА ЇХ НАУКОВА НОВИЗНА

(до 60 рядків)

6.1. Наукова цінність роботи полягає в тому, що отримані в ній результати розширюють і поглиблюють фізичні уявлення про процес СВС в отриманні алюмінідів титану, а також про фізико-механічні властивості модифікованих γ -TiAl сплавів. Наукова новизна проекту полягає в тому, що високотемпературний синтез інтерметалідного з'єднання γ -TiAl в порошковій суміші чистих елементів в умовах СВС-пресування при тепловому вибуху при мінімальному зовнішньому тиску на суміш дозволяє отримати інтерметалідний продукт синтезу із середнім розміром зерна 10-12 мкм. Збільшення ступеня пластичної деформації синтезованого під тиском інтерметалідного продукту в умовах екструзії при навантаженні 10^7 Па дозволяє на порядок знизити розмір зерна в кінцевому продукті (до 0,2-0,3 мкм) і сформуванню в інтерметалідному сплаві субмікрокристалічну зернисту структуру.

6.2. Використання запропонованої технології для одержання нових матеріалів на основі інтерметалідних з'єднань забезпечує в порівнянні з існуючими способами наступні переваги:

- 1) збільшення жаростійкості в 2-3 рази при температурах 550-600 °С;
- 2) збільшення тепло- та ерозійної стійкості у 1,7-2 рази;
- 3) отримання матеріалів заданої пористості для каталізаторів та фільтрів;
- 4) простота технології і технологічного устаткування;
- 5) практично повна безвідходність виробництва;

У підсумку ми одержуємо технологію, що одночасно дозволяє отримувати нові матеріали на основі інтерметалідних з'єднань з підвищеними фізико-механічними властивостями і є більш енергоекономічною ніж існуючі традиційні методи.

6.3. На прикладі γ -TiAl сплавів вперше показано, що метод саморозповсюджувального високотемпературного синтезу в поєднанні з процесами динамічної пластичної деформації може бути ефективно використано для формування в інтерметалідах однорідної субмікрокристалічної структури. Встановлено, що в умовах взаємодії процесів СВС і динамічного компактування продукту синтезу можливе отримання компактного інтерметалідного сплаву з високодисперсною структурою, розмір зерен в якій значно менше, ніж у сплавах, отриманих методами лиття (розмір зерна $d \sim 100$ мкм) [3, 4, 6], спікання ($d \sim 50$ мкм) [10] або ударно-хвильової дії ($d \sim 35$ мкм) [5, 7] на синтезований продукт. Подрібнення зерна інтерметалідного сплаву в процесі його синтезу під тиском відбувається в результаті пластичної деформації продукту синтезу і високих швидкостей охолодження. Більш високу ефективність процесу подрібнення зерен структури інтерметалідного сплаву можна досягти при інтенсивній пластичній деформації синтезованого сплаву в процесі формування зерен структури під час високотемпературного синтезу сплаву під тиском. Виявлено, що підвищення температури деформації в умовах СВС-процесу, зменшення розміру зерна і частки двійникових границь зерен веде до делокалізації деформації внаслідок зміни характеру ковзання, а також особливостей взаємодії дислокацій з границями зерен та зростанню пластичності. Показано, що поява температурної аномалії межі текучості при розмірах зерен 10 мкм також пов'язане з делокалізацією деформації.

7. ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ ДЛЯ ЕКОНОМІКИ ТА СУПІЛЬСТВА

(до 60 рядків)

7.1. Запропоновану технологію отримання γ -TiAl сплавів в умовах СВС можна використати в космічній (ДКБ «Південне») та авіаційній (КБ «Прогрес», підприємство «Мотор-Січ») галузях, у машинобудуванні (завод ім. Малишева). Створюється сприятливі перспективи для застосування γ -TiAl в авіакосмічній техніці й енергетиці України, а саме при виготовленні газових турбін і компресорних станцій, а також як базових конструкційних матеріалів для створення авіадвигунів нового покоління. Заміна деталей із нікелевих сплавів, що працюють у температурному інтервалі 600...900 °С, на деталі з алюмініду титана дозволить у 1,5...2,0 разів знизити масу конструкції та на 20...35 % зменшити матеріальні витрати.

7.2 У підсумку наукового проекту буде отримано технологію, що одночасно дозволяє отримувати нові матеріали на основі інтерметалідних з'єднань з підвищеними фізико-

механічними властивостями і є більш енергоекономічною ніж існуючі традиційні методи. За результатами виконання проекту планується підготувати технічні умови для отримання γ -TiAl сплавів в умовах саморозповсюджувального високотемпературного синтезу, а також отримати два патенти України на спосіб отримання нового матеріалу та його склад.

7.3 Розроблені матеріали на інтерметалідній основі пройдуть апробацію на підприємстві ПАТ «Мотор Січ», з яких укладено договір про науково-технічне співробітництво (Договір № 18-1с/2016 від 17.05.2016). Підготувати наукові статті, рекламні матеріали і дослідні зразки для демонстрації на виставках науково-технічних і технологічних розробок, міжнародних науково-практичних конференціях.

7.4 В результаті за допомогою запропонованого методу будуть розроблені рекомендації для створення нових матеріалів, що перевершують за своїми характеристиками міцності відомі сплави на основі алюмініду титану. Шляхом деформації в режимі теплового самозаймання отриманий матеріал на основі TiAl із зерном 10-12 мкм і відносним подовженням при кімнатній температурі 7-8%. Формування дрібнозернистих структур, в тому числі фрагментування виділень надлишкових фаз, забезпечить в подальшому підвищення опору і збільшить роботу поширення тріщини сплавів на основі отриманого сплаву алюмініду титану.

7.5 За темою проекту виконується 1 докторська дисертація (Белоконь Ю.О.) і 2 кандидатські дисертації (Середа Д.Б., Дзядок Д.Ю.) та 2 магістерські роботи:

1) Белоконь Юрій Олександрович. Наукові та технологічні основи отримання інтерметалідних сплавів в умовах саморозповсюджувального високотемпературного синтезу. Дис. ... д-ра тех. наук. за спеціальністю 05.16.02 – металургія чорних і кольорових металів та спеціальних сплавів. Белоконь Ю.О. навчається в докторантурі ЗДІА з 01.11.2014 р. по 31.10.2017 р.

2) Середа Дмитро Борисович. Отримання інтерметалідних захисних покриттів на деталях аерокосмічної техніки в умовах СВС. Дис. ... канд. тех. наук. за спеціальністю 05.02.01 – матеріалознавство. Середа Д.Б. навчається у аспірантурі ЗДІА з 01.11.2014 р. по 31.10.2017 р.

3) Дзядок Данило Юрійович. Формування структури і електротехнічних характеристик металовуглецевих композиційних матеріалів. Дис. ... канд. тех. наук. за спеціальністю 05.02.01 – матеріалознавство. Дзядок Д.Ю. навчається у аспірантурі ЗДІА з 01.11.2015 р. по 31.10.2018 р.

4) Дві магістерських роботи за темами «Отримання γ -TiAl сплавів в умовах саморозповсюджувального високотемпературного синтезу» та «Розробка інтерметалідних сплавів з підвищеними показниками пластичності для деталей ГТД».

У навчальному процесі заплановано розробити та впровадити новий цикл лабораторних робіт, лекційних курсів з дисциплін «Нові матеріали в металургії», «Порошкова металургія», «Обробка тиском порошкових матеріалів», «Матеріалознавство та ТКМ».

7.6 Необхідність державного фінансування проекту зумовлена в першу чергу масштабами фінансових витрат на проведення експериментальних досліджень (закупівля вихідних матеріалів, а саме порошоків титану, алюмінію, молібдену та ін. порошоків, виготовлення прес-форм, реакторного обладнання) і реалізацію їх результатів (виступи на міжнародних конференціях та публікація результатів у наукових виданнях Web of Science, Scopus). Значні капітальні вкладення пов'язані з технічним переоснащенням виробництва, витратами на пошук і придбання науково-технічної інформації, навчання персоналу, організаційні заходи тощо. Великих витрат потребують експертиза, патентування, сертифікація нової продукції. Крім того, фінансування проекту має соціальний ефект направлений на підтримку молодих учених і студентів в їх залученні до наукової діяльності для спеціальностей технічного напрямку.

8. ФІНАНСОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИТРАТ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПРОЕКТУ

8.1. Обсяг витрат на заробітну плату (розрахунок за кількістю працівників, залучених до виконання, загальний та по роках).

8.2. Обсяг витрат на матеріали орієнтовний розрахунок (загальний та по роках).

8.3. Обсяг витрат на енергоносії, інші комунальні послуги (за видами, на підставі порівняльного розрахунку попередніх періодів, загальний та по роках).

8.4. Інші витрати (за видами, із обґрунтуванням їх необхідності, загальні та по роках).

8.5. Зведений кошторис проекту (загальний та по роках).

9. ДОРОБОК ТА ДОСВІД АВТОРІВ ЗА ТЕМАТИКОЮ ПРОЕКТУ

Доробок за тематикою авторів проекту за попередні 5 років

9.1. Керівник проекту - Белоконь Юрій Олександрович (ORCID ID: 0000-0002-9327-5219; Scopus ID: 36630087400; Researcher ID: G-9624-2015) має h-індекс: **2**.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36630087400>

9.2. Сумарний h-фактор у Scopus семи виконавців проекту: **6**, а саме:

1) Белоконь Каріна Володимирівна (ORCID ID: 0000-0003-2000-4052; Scopus ID: 56196099400) має h-індекс: **1**.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56196099400>

2) Кругляк Дмитро Олегович (Scopus ID: 37063430200) має h-індекс: **1**.

<http://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=37063430200>

3) Васильченко Тетяна Олександрівна (Scopus ID: 54415072500) має h-індекс: **1**.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54415072500>

4) Жеребцов Олександр Анатолійович (Scopus ID: 35197421700) має h-індекс: **2**.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35197421700>

5) Середя Дмитро Борисович (Scopus ID: 36667256600) має h-індекс: **1**.

<http://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=36667256600>

6) Дзядок Данило Юрійович не має h-індексу.

9.3. Перелік статей у журналах, що входять до науково-метричних баз даних Web of Science та Scopus з індексом SNIP $\geq 0,8$ (Source Normalized Impact Per Paper):

Індекс SNIP журналів в який публікувалися автори:

1) Materials Science and Technology – Source ID 17815;

<http://www.journalindicators.com/indicators/journal/17815>

2) Metallurgical and Mining Industry – Source ID 21100197765;

<http://www.journalindicators.com/indicators/journal/21100197765>

3) TSM Annual Meeting – Source ID 70943;

<http://www.journalindicators.com/indicators/journal/70943>

Таблиця 2

№	Повні дані про статті з веб-адресою електронної версії; <u>обрати</u> <u>прізвища авторів</u> , які належать до списку виконавців, індекс SNIP видань (Source Normalized Impact Per Paper)	Наукометр. база даних	Індекс SNIP
1	The Modeling of Products Pressing in SHS-Systems / B. Sereda, I. Kruglyak, <u>A. Zharebtsov</u> , <u>Y. Belokon'</u> // Material Science & Technology. – Pittsburg, USA. – 2009. – 827-831. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-63749117008&origin=inward&txGid=0	Scopus	1,1
2	The Processes Research of Structurization of Titan Aluminides Received by SHS / B. Sereda, I. Kruglyak, <u>A. Zharebtsov</u> , <u>Y. Belokon'</u> // Material Science & Technology. – Pittsburg, USA. – 2009. – P. 2069-2073. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-78049448392&origin=inward&txGid=0	Scopus	1,1
3	<i>Sereda, B.</i> The Modeling and Processes Research of Titan Aluminides Structurization Received by SHS Technology / B. Sereda, <u>A. Zharebtsov</u> , <u>Y. Belokon'</u> // TSM-2010 Annual Meeting and Exhibition. – Seattle, USA. – 2010. –P. 99-105. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-79952963209&origin=inward&txGid=0	Scopus	0,13
4	The Retrieving of Heat-resistant Alloys on Intermetallic Base for Details	Scopus	0,78

	of Gas Turbine Engine Hot Track in SHS Conditions / B. Sereda, <u>Y. Belokon</u> , <u>A. Zhrebtsov</u> , <u>K. Belokon</u> // Materials Science and Technology. – Houston: MS&T, 2010. – P. 2097-2102. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-79952688364&origin=inward&txGid=0		
5	The Influence of Deformation Process at Titan Aluminides Retrieving by SHS-compaction Technologies / B. Sereda, I. Kruglyak, <u>A. Zhrebtsov</u> , <u>Y. Belokon</u> // Metallurgical and Mining Industry. – 2011. – №7. – P.59-63. http://www.metaljournal.com.ua/assets/Uploads/attachments/59Sereda.pdf	Scopus	0,34
6	The deformation zone geometrical factors and its influence on deformation shift degree for the axial zone of rolled high bars / B. Sereda, I. Kruglyak, A. Kovalenko, <u>D. Sereda</u> // Metallurgical and Mining Industry. – 2011. – №7. – C.102-106. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84903987240&origin=inward&txGid=0	Scopus	0,34
7	<i>Sereda, B.</i> Multicomponent saturing of titan alloys by SHS / B. Sereda, Y. Bondarenko, <u>D. Sereda</u> // Materials Science and Technology. – Columbus: MS&T, 2011. – P. 1715-1720. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84856247880&origin=inward&txGid=0	Scopus	1,08
8	The influence of geometrical factors of the deformation zone on changing for deformation shift degree for the axial zone of rolled high bars / B. Sereda, A. Kovalenko, <u>D. Sereda</u> , <u>T. Vasilchenko</u> // Materials Science and Technology. – Columbus: MS&T, 2011. – P. 481-487. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84856157155&origin=inward&txGid=0	Scopus	1,08
9	The Researching and Modeling of Physical-Chemical Properties of Ni-base Alloys in SHS Conditions / B. Sereda, <u>Y. Belokon</u> , <u>A. Zhrebtsov</u> , <u>D. Sereda</u> // Materials Science and Technology. – Pittsburgh: MS&T, 2012. – P. 494-498. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84875779856&origin=inward&txGid=0	Scopus	0,97
10	<i>Sereda, B.</i> Measurement and modeling of the stress-strain state of the surface of the band at the caliber rolling by deformation / B. Sereda, <u>D. Sereda</u> // Materials Science and Technology. – Columbus: MS&T, 2014. – P. 1794-1798. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84925655821&origin=inward&txGid=0	Scopus	1,0

Анотації українською мовою статей навести у Додатку 1

9.4. Статті, що входять до науково-метричних баз даних Web of Science, Scopus, Index Copernicus (для соціо-гуманітарного напрямку), які не належать до п.9.3

Таблиця 3

№	Повні дані про статті з веб-адресою електронної версії; позначити прізвища авторів, які належать до списку виконавців
1	Calculation of planetary drive of mechanical press / <u>T. Vasilchenko</u> , <u>G. Yavtushenko</u> , <u>Y. Bondarenko</u> , <u>Y. Belokon</u> // Metallurgical and Mining Industry. – 2015. – №12. – P.178-182. http://www.metaljournal.com.ua/assets/Journal/english-edition/MMI_2015_12/028Vasilchenko.pdf

2	<i>Sereda, B.</i> Research of physical and mechanical properties of wear-resistant and corrosion-resistant coatings on copper alloys / B. Sereda, <u>D. Sereda</u> // Materials Science and Technology. – Columbus: MS&T, 2014. – P. 35-39. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84925585150&origin=inward&txGid=0
3	<i>Sereda, B.</i> The research of influence alloying elements on processes structure formation in stamp steel / B. Sereda, <u>D. Sereda</u> // Materials Science and Technology. – Columbus: MS&T, 2014. – P. 269-272. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84925685399&origin=inward&txGid=0
4	The research of influence alloying elements on processes structure formation in stamp steel / B. Sereda, <u>Y. Belokon</u> , S. Sheyko, <u>D. Sereda</u> // Materials Science and Technology. – Pittsburgh: MS&T, 2012. – P. 453-456. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84869037630&origin=inward&txGid=0
5	<i>Sereda, B.</i> Kinetiks formation of aluminized multifunctional coating on steel in SHS condition / B. Sereda, <u>D. Sereda</u> // Materials Science and Technology. – Columbus: MS&T, 2011. – P. 1667-1671. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84856282923&origin=inward&txGid=0
6	The influence of modification on structure and properties of rapid steel / B. Sereda, <u>Y. Belokon</u> , S. Sheyko, <u>D. Sereda</u> // Materials Science and Technology. – Columbus: MS&T, 2011. – P. 457-460. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84856169276&origin=inward&txGid=0
7	The researching of deformational parameters at copper alloys rolling with protective coatings / B. Sereda, I. Kruglyak, <u>D. Kruglyak</u> , <u>D. Sereda</u> // Materials Science and Technology. – Columbus: MS&T, 2011. – P. 1710-1714. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84856292233&origin=inward&txGid=0
8	<i>Sereda, B.</i> Features of a structure and properties of the agglomerates obtained from rich ores / B. Sereda, I. Kruglyak, <u>A. Zherebtsov</u> // TSM-2010 Annual Meeting and Exhibition. – Seattle, USA. – 2010. –P. 689-693. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-77952340470&origin=inward&txGid=0
8	The modeling of deflected mode on strip lateral surface at rolling in passes / B. Sereda, I. Kruglyak, <u>A. Zherebtsov</u> , <u>D. Sereda</u> // Materials Science and Technology. – Houston: MS&T, 2010. – P. 621-624. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-78649365270&origin=inward&txGid=0
10	The protective coverings obtaining on copper alloys in condition of SHS / B. Sereda, I. Kruglyak, <u>D. Kruglyak</u> , <u>D. Sereda</u> // Materials Science and Technology. – Houston: MS&T, 2010. – P. 2115-2119. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-79952652625&origin=inward&txGid=0
11	<i>Sereda, B.</i> The reception of ceramic aluminum silicate refractories / B. Sereda, I. Kruglyak, <u>A. Zherebtsov</u> // TSM-2010 Annual Meeting and Exhibition. – Seattle, USA. – 2010. –P. 273-277. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-79952935223&origin=inward&txGid=0

9.5. Опубліковані за темою проекту статті у журналах, що входять до переліку фахових видань України та мають ISSN, статті у закордонних журналах, що не увійшли до пп.9.3-9.4, а також англomовні матеріали доповідей на міжнародних конференціях у виданнях, що входять до науково-метричних баз даних Web of Science, Scopus та/або Index Copernicus

Таблиця 4

№	Повні дані про статті і тези доповідей з веб-адресою електронної версії; позначити прізвища авторів, які належать до списку виконавців
1	<i>Белоконь, Ю.А.</i> Математическое и физическое моделирование процессов деформации TiAl сплавов при СВС-прессовании / <u>Ю.А. Белоконь</u> // Научный вестник ДГМА.– 2015. – № 2(17Е). – С. 16-20. – ISSN 2219-7869. http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/science_vesnik/%E2%84%962(17%D0%95)_2015/a

	rticle/5.pdf
2	<p><i>Середа, Б.П.</i> Установление закономерностей стадийности СВС-прессования интерметаллидных сплавов с различным фазовым состоянием / Б.П. Середа, Ю.А. Белоконь, Д.Б. Середа // <i>Обработка металлов давлением.</i> – № 1 (40). – Краматорск: ДГМА, 2015. – С.108-112. – ISSN 2076-2151.</p> <p>http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/omd/omd_1(40)_2015/article/20.pdf</p>
3	<p>Комбіноване деформування матеріалів з інтерметалідним хроалітованим покриттям, отриманим в умовах саморозповсюджувального високотемпературного синтезу / Б.П. Середа, Ю.О. Белоконь, І.В. Кругляк, Д.Б. Середа // <i>Обработка металлов давлением.</i> – № 1 (40). – Краматорск: ДГМА, 2015. – С.103-107. – ISSN 2076-2151.</p> <p>http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/omd/omd_1(40)_2015/article/19.pdf</p>
4	<p><i>Sheyko, S.</i> Influence of parameters deformation on the structural phase transitions in steel and Ti-Al alloys / S. Sheyko, Y. Belokon' // <i>Modern science: scientific journal.</i> – Praha. – 2015. – №2. – С.195-201. – ISSN 2336-498X.</p> <p>http://www.znu.edu.ua/cms/index.php?action=category/browse&site_id=73&lang=ukr&category_id=1525</p>
5	<p><i>Середа, Б.П.</i> Исследования процесса уплотнения синтезированных интерметаллидных сплавов при СВС-прессовании / Б.П. Середа, Ю.А. Белоконь, Е.В. Бабаченко // <i>Вестник Национального технического университета «ХПИ»:</i> сб. науч. трудов. – Вып. 43 (1086). – Харьков: ХПИ, 2014. – С. 158-164. – ISSN 2409-5982.</p> <p>http://www.kpi.kharkov.ua/archive/Наукова_періодика/vestnik/Інноваційні_технології_та_обладнання_обробки_матеріалів_у_машинобудуванні_та_металургії/2014/43/ИССЛЕДОВАНИЕ_ПРОЦЕССА_УПЛОТНЕНИЯ.pdf</p>
6	<p><i>Бондаренко, Ю.В.</i> Математична модель оцінки неоднорідності деформації при осадці / Ю.В. Бондаренко, Ю.А. Белоконь, Т.О. Васильченко // <i>Обработка металлов давлением.</i> – № 1 (38). – Краматорск: ДГМА, 2014. – С.12-15. – ISSN 2076-2151.</p> <p>http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/omd/omd_1(38)_2014/article/4.pdf</p>
7	<p>Methodical approach for selection of design parameters of electrodiagnosis diaphragmless apparatus for regeneration of electrolyte-containing solution / V.P. Bobylev, Y.V. Matukhno, V.V. Turishchev, K.V. Belokon' // <i>Metallurgical and Mining Industry.</i> – 2014. – №5. – P.77-80. – ISSN 2076-0507.</p> <p>http://www.metaljournal.com.ua/assets/Archive/12.2013-.pdf</p>
8	<p><i>Середа, Б.П.</i> Дослідження процесу утворення жароміцних сплавів на основі інтерметалідних сполук моноалюмініду титану, одержаних за умов СВС-пресування / Б.П. Середа, О.А. Жеребцов, Ю.О. Белоконь [та ін.]. // <i>Металургія:</i> зб. наук. праць. – Вип. 28. – Запоріжжя, 2012. – С.64-68. – ISSN 2071-3789.</p> <p>http://www.zgia.zp.ua/gazeta/M_28_11.pdf</p>
9	<p><i>Середа, Б.П.</i> Исследование влияния дисперсности исходного порошка на параметры процесса горения в условиях самороспространяющегося высокотемпературного синтеза / Б.П. Середа, Ю.А. Белоконь, А.А. Жеребцов, К.В. Белоконь [и др.]. // <i>Новые материалы и технологии в металлургии и машиностроении:</i> сб. науч. трудов. – Запорожье: ЗНТУ, 2011. – Вып. 2. – С. 21-24. – ISSN 1607-6885.</p> <p>http://periodicals.zntu.edu.ua/index.php/1607-6885/article/view/27747/24986</p>
10	<p>Исследование влияния модифицирования Ni-Al сплавов на их каталитические свойства / Б.П. Середа, К.В. Белоконь, Г.Б. Кожемякин, Ю.А. Белоконь // <i>Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета:</i> сб. науч. трудов. – Вып. 48. – Харьков: ХНАДУ, 2011. – С. 60-63. – ISSN 2219-5548.</p> <p>http://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-modifitsirovaniya-ni-al-splavov-na-ih-kataliticheskie-svoystva</p>
11	Рентгенографическое исследование многокомпонентных интерметаллидных катализаторов

глибокого окислення / Б.П. Серета, К.В. Белоконь, Г.Б. Кожемякин, Ю.А. Белоконь // *Металлургия: сб.науч. трудов.* – Вып.23. – Запорожье, 2011. – С.109-113. – ISSN 2071-3789.
http://www.zgia.zp.ua/gazeta/METALURG_23_17.pdf

9.6. Монографії та (або) розділи монографій, що опубліковані за темою проекту українською або російською мовами.

Таблиця 5

№	Повні дані про монографії (розділів); <u>позначити прізвища авторів</u> , які належать до списку виконавців	Кількість друк. арк.
1	Обробка металів тиском при нестационарних температурних умовах: монографія / Б.П. Серета, І.В. Кругляк, <u>О.А. Жеребцов</u> , <u>Ю.О. Белоконь</u> . – Запоріжжя: ЗДІА, 2009. – 251 с. - ISBN 966-84621-5-3	14

Анотації українською мовою монографій навести у Додатку 2

9.7. Монографії та (або) розділи монографій, що опубліковані у закордонних виданнях офіційними мовами Європейського Союзу.

Таблиця 6

№	Повні дані про монографії (розділів); <u>позначити прізвища авторів</u> , які належать до списку виконавців	Кількість друк. арк.
1		

Анотації українською мовою монографій навести у Додатку 3

9.8. Отримано охоронних документів (патенти, свідоцтва про реєстрацію авторського права) на об'єкти права інтелектуальної власності

Таблиця 7

№	Назви документів та їх вихідні дані
1	Пат. 107101 України. Жароміцний інтерметалідний сплав / <u>Белоконь Ю.О.</u> , <u>Белоконь К.В.</u> // МПК С22С 1/05 (2006.01) С22С 19/03 (2006.01). - Запорізька державна інженерна академія. № у 2015 10428; заяв. 26.10.2015; опубл. 25.05.2016 /Бюл.№10/
2	Пат. 63411 України. Спосіб отримання інтерметалідного каталізатора для окислення оксиду вуглецю і вуглеводнів / Серета Б.П. <u>Белоконь К.В.</u> , <u>Белоконь Ю.О.</u> , <u>Жеребцов О.А.</u> Кожемякін Г.Б // МПК (2011.01) В01J25/00. – Запорізька державна інженерна академія. № 2011 02636; заяв. 09.03.2011; опубл. 10.10.2011 /Бюл. № 19/
3	Пат. 45154 України. Каталізатор для очищення оксиду вуглецю і вуглеводнів / Серета Б.П., Кожемякін Г.Б, <u>Белоконь К.В.</u> , <u>Белоконь Ю.О.</u> , Рижков В.Г. // МПК В01J25/00. – Запорізька державна інженерна академія. № у 2009 05588; заяв. 01.06.2009; опубл. 26.10.2009 /Бюл.№20/

9.9. Захищено виконавцями проекту дисертацій кандидата наук (доктора філософії) та доктора наук

Таблиця 8

№	Дані про дисертації (автор, назва дисертації, спеціальність, науковий керівник/консультант, рік та місце захисту)
1	Белоконь Юрій Олександрович. Спецтема. Дис. ... канд. техн. наук за спеціальністю 05.02.01 – матеріалознавство. Науковий керівник – Серета Б.П. Рік захисту - 2009. Місце – Дніпропетровський національний університет ім. Олеса Гончара.
2	Белоконь Каріна Володимирівна. Підвищення ефективності інтерметалідних каталізаторів для забезпечення екологічної безпеки викидів, що містять оксид вуглецю та вуглеводні.

	Дис. ...канд. техн. наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. Науковий керівник – Кожемякін Г.Б. Рік захисту - 2012. Місце – Український науково-дослідний інститут екологічних проблем.
3	Кругляк Дмитро Олегович. Спецтема. Дис. ... канд. техн. наук за спеціальністю 05.02.01 – матеріалознавство. Науковий керівник – Серета Б.П. Рік захисту - 2014. Місце – Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара.
4	Васильченко Тетяна Олександрівна. Вдосконалення конструкції та підвищення технічного рівня планетарного приводу кривошипних пресів. Дис. ... канд. техн. наук за спеціальністю 05.03.05 – процеси та машини обробки тиском. Науковий керівник – Серета Б.П. Рік захисту - 2013. Місце – Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля

9.10. Індивідуальні гранти (стипендії), наукові стажування в Україні та за кордоном, що фінансувалися за рахунок Державного бюджету України та/або закордонними організаціями (сумарна кількість місяців для керівника та 5 виконавців проекту)

Таблиця 9

№	ПІБ виконавців	Назва гранту	Термін стажування	Фінансування, тис. грн.
1	Белоконь Юрій Олександрович	Лауреат стипендії Програми підтримки вчених та обдарованої молоді розробленої АКБ «Індустріалбанк» за підтримки виконавчого комітету Запорізької міської ради (Сертифікат №00104)	01.09.2010 – 30.06.2011	8,5
		Лауреат стипендії Кабінету Міністрів України для молодих учених (Постанова президії Комітету №2 від 01.06.2016 р.)	з 01.06.2016 – по теперішній час	1,5 щомісяця
2	Белоконь Каріна Володимирівна	Cleaner Production United Nations Industrial Development Organization (UNIDO)	01.01.2010 - 10.03.2011	4,15
			24.09.2014 – 07.04.2015	10,5
3	Кругляк Дмитро Олегович	Cleaner Production United Nations Industrial Development Organization (UNIDO)	24.09.2014 – 07.04.2015	2,5
4	Серета Дмитро Борисович	Лауреат стипендії програми наукового товариства Association for Iron & Steel Technology	07.11.2014 – 23.11.2011	5,7

9.11. Кількість грантів, за якими працювали виконавці, що фінансувались закордонними організаціями.

Таблиця 10

№	ПІБ виконавців	Назва гранту	Фінансування, тис. грн.
1			

9.12. Авторами проекту виконано госпдоговірної та грантової тематики на суму (тис. грн.) (з відповідним підтвердженням довідкою з бухгалтерії ВНЗ(НУ)) у рамках заявленого наукового напрямку

Таблиця 11

№	ПІБ виконавців	Назва договору	Фінансування, тис. грн.
1	Белоконь Ю.О. Кругляк Д.О. Жеребцов О.А.	«Отримання захисних покриттів на вуглеграфітових матеріалах в умовах саморозповсюджувального високотемпературного синтезу для деталей аерокосмічної техніки» (№ 0109U000648)	133,9
2	Белоконь Ю.О. Кругляк Д.О. Белоконь К.В. Жеребцов О.А. Васильченко Т.О.	«Отримання жароміцних сплавів на інтерметалідній основі в умовах саморозповсюджувального високотемпературного синтезу» (№0111U002176)	208,9
3	Белоконь Ю.О. Кругляк Д.О. Жеребцов О.А. Середа Д.Б. Васильченко Т.О.	«Поверхнєве зміцнення титанових сплавів деталей газотурбінних двигунів в умовах саморозповсюджувального високотемпературного синтезу» (№ 0113U002049)	177,6
4	Белоконь Ю.О. Белоконь К.В. Середа Д.Б. Дзядок Д.Ю.	«Розробка технології та організації промислового виробництва композиційних матеріалів, стійких в умовах дії високих температур та агресивних середовищ, для авіаційної та космічної техніки» (№ держ. реєстрації 0115U004839)	800,0
5	Белоконь Ю.О. Жеребцов О.А.	Виконання матеріалознавчих досліджень матеріалів (госпдоговірні проекти)	44,9

10. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ

Таблиця 12

№	Назви показників очікуваних результатів	Кількість
1.	Будуть опубліковані за темою проекту статті в журналах, що входять до науково-метричних баз Web of Science, Scopus та/або Index Copernicus (для гуманітарних та соціоекономічного напрямів)	3
2.	Заплановані статті у журналах, що входять до переліку фахових видань України і мають ISSN, статті у закордонних журналах, що не увійшли до пункту 1 цієї таблиці, а також тези англійською мовою доповідей на міжнародних конференціях у виданнях, що входять до науково-метричних баз даних Web of Science, Scopus та/або Index Copernicus	10
3.	Монографії та (або) розділи монографій, що будуть опубліковані за темою проекту українськими видавництвами (вказується кількість друкованих аркушів)	10
4.	Монографії та (або) розділи монографій, що будуть опубліковані у закордонних виданнях офіційними мовами Європейського Союзу (друкованих аркушів)	-
5.	Буде впроваджено наукові або науково-практичні результати шляхом укладання господарчих договорів, продажу ліцензій, грантових угод	Акт випробування

11. ЕТАПИ ВИКОНАННЯ ПРОЕКТУ

Таблиця 13

Етапи роботи (рік)	Назва та зміст етапу	Очікувані результати етапу (вказати конкретні наукові результати). Звітна документація (вказати кількість запланованих публікацій, захистів магістерських, кандидатських та докторських дисертацій, отримання охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності).
1 етап (2016 р.)	Проведення термодинамічних розрахунків теплоти і температури горіння для розглянутих СВС-систем. Розробка моделі структурування та технології компактування. Отримання експериментальних зразків алюмінідів титану та нікелю та дослідження їх структури, хімічного і фазового складу.	Теплофізична картина процесу, визначені адіабатичні температури протікання реакцій. Модель структурування матеріалу та режимів технології компактування, що спростить подальшу практичну реалізацію. Експериментальні зразки та картина фазоутворення матеріалу, результати концентрації легуючих елементів. Проміжний звіт. Публікація 5 статей (фахові видання України) та 1 статі (Scopus).
2 етап (2017 р.)	Дослідження фізико-механічних властивостей отриманого матеріалу. Оптимізація складу реакційних сумішей та технологічних режимів. Отримання макетних та експериментальних зразків соплових та робочих лопаток ГТД. Апробація результатів дослідження	Результати випробувань матеріалу на жаростійкість, зносостійкість, теплостійкість, пористість. Визначені основні властивості. Оптимізовано склад компонентів реакційної суміші та технологічних режимів компактування для отримання матеріалів з необхідними властивостями для подальшого промислового використання. Заключний звіт. Публікація 5 статей (фахові видання України), 2 статі (Scopus), 1 монографія.

12. ВИКОНАВЦІ ПРОЕКТУ

Молоді вчені до 35 років, з них:
кандидатів 4, докторів -;
наукові працівники без ступеня 1;
інженерно-технічні кадри -, допоміжний персонал -;
докторанти 1; аспіранти 2; студенти 2.

Разом : 9

13. ОСНОВНІ ВИКОНАВЦІ ПРОЕКТУ* (з оплатою в межах запиту) наводяться у таблиці 14.

Таблиця 14

№ з/п	Прізвище, ім'я, по батькові	Науковий ступінь	Вчене звання	Посада і місце основної роботи	Дата народження
1	Белоконь Юрій Олександрович	к.т.н.	доц.	Докторант кафедри МЧМ ЗДІА	07.05.1984
2	Белоконь Каріна Володимирівна	к.т.н.	-	Доцент кафедри ПЕОП ЗДІА	15.07.1986
3	Кругляк Дмитро Олегович	к.т.н.	-	Доцент кафедри ОМТ ЗДІА	24.01.1987
4	Васильченко Тетяна Олександрівна	к.т.н.	-	Доцент кафедри МО ЗДІА	12.05.1984
5	Жеребцов Олександр	-	-	Старший викладач ВПМ	14.11.1982

	Анатолійович			ЗДІА	
6	Серета Дмитро Борисович	-	-	Аспірант кафедри МЧМ ЗДІА	01.10.1992
7	Дзядок Данило Юрійович	-	-	Аспірант кафедри МЧМ ЗДІА	19.03.1993

*вносяться дані про основних виконавців (до 7 осіб), окрім допоміжного персоналу та студентів

Анотації українською мовою статей, що наведені у таблиці 2 цієї Форми

Таблиця 15

№ з/п	Назви статей та їх анотації
1	Отримані компактні продукти синтезу методом гарячого пресування в умовах саморозповсюджувального вискотемпературного синтезу (СВС) в закритій матриці з передачею тиску у вільно-текучому середовищі. Моделювання квазі-ізостатичного навантаження на нескінченній оболонки з статичних граничних умов через неізостатичний фактор ϵ показав, що процес не залежить від розмірів і зовнішнього тертя оболонки і не може бути використаний для оцінки кількісних зв'язків між енергетичними параметрами процесу і властивостями екструдованого матеріалу. Мета дослідження - моделювання процесу спільного деформування пористих нелінійних модифікаторів і сипучої оболонки в об'ємі точних розмірів поточної моделі на основі енергетичного балансу. Показано, що реологічні співвідношення виходячи в сукупності з характеристиками структурного стану матеріалу і кінематичного співвідношення пластичної течії визначають енергетичну силу функціональних вільних параметрів v_1, u_1, u_2 .
2	Як відомо, створення і розвиток нових титанових сплавів було проблематичним досі. Вони можуть бути використані в авіації та автомобілебудуванні, суднобудуванні і в якості матеріалів для підтримки статичних навантажень у вискотемпературних середовищах. У роботі проведено синтез різних алюмінідів титану. Експериментальні дослідження проводилися у двох різних режимах: горіння і термічного самозаймання. Спосіб отримання спресованих продуктів спалюють в умовах СВС (СВС-пресування) був використаний, щоб отримати ці інтерметалідні з'єднання. Фізичні та теплові характеристики технологічного процесу та їх вплив на структурування, однорідність структури і пористості алюмінідів титану були змодельовані та досліджені. Проведено мікроструктурний і рентгенівський аналізи отриманих продуктів. Встановлено, що СВС-технологія компактування цілком здатна контролювати процес структуроутворення з цілим комплексом переваг і може бути застосована для отримання якісних алюмінідів титану з безліччю фізико-хімічних властивостей.
3	Розробка нових конструкційних матеріалів на основі алюмінідів титану є актуальною задачею матеріалознавства. Вони можуть бути використані в авіації та автомобілебудуванні, суднобудуванні і в якості матеріалів для підтримки статичних навантажень у вискотемпературних середовищах. У роботі досліджено синтез різних титанових алюмінідів. Розроблена математична модель процесу структуризації. На базі розробленої моделі визначені механізми структуризації в системах $Ti + Al$ і $Ti + 3Al$. Спосіб отримання спресованих продуктів в умовах СВС-пресування був використаний, щоб отримати ці інтерметалідні з'єднання. Змодельовані та досліджені фізичні та теплові характеристики технологічного процесу та їх вплив на структурування, однорідність структури і пористості алюмінідів титану. Встановлено, що СВС-технологія цілком здатна контролювати процес структуроутворення з цілим комплексом переваг і можуть бути застосовані для отримання якісних алюмінідів титану з безліччю фізико-хімічних властивостей.
4	Аналіз даних про властивості жаростійких матеріалів на базі інтерметалідів показує, що найбільш перспективними для заміни нікелевих жароміцних сплавів є легкі матеріали,

	<p>особливо перехідних металів, що мають алюмініди, впорядковану структуру з більш високою температурою плавлення і низькою щільністю. Сплави на основі алюмінідів нікелю (Ni_3Al, $NiAl$, $NiAl_3$) і алюмінідів титану (Ti_3Al, $TiAl$, $TiAl_3$) є базові і представляють великий інтерес. В роботі розглянуто фізико-хімічні процеси для отримання нових матеріалів за допомогою технології СВС. Вивчено структури і фазоутворення в системах $Ti-Al$, $Ni-Al$. Визначені основні фізичні і механічні властивості отриманих матеріалів. Використання запропонованих матеріалів, отриманих за технологією СВС збільшить термостійкість соплових лопаток при температурах 1100-1200 °С в 2-3 рази і термічну стабільність в 1,7-2 рази.</p>
5	<p>Проведено дослідження процесів деформації алюмінідів титану, отриманих в результаті ущільнень від високотемпературного синтезу. Проведено моделювання залежностей стискаючих напруг від геометричних розмірів злитка і його щільності для різних алюмінідів титану. Промодельовані і експериментально підтверджені кінематичні параметри процесу пресування. Також проведені дослідження з визначення різних зон ущільнення злитка при пресуванні. Встановлено, що центральна зона злитка ущільнюється більшою мірою в порівнянні з зовнішніми зонами. Проаналізовано зміну радіального тиску на пресове обладнання від ущільнення при високотемпературному синтезі. Був знайдений неізостатичний коефіцієнт деформації при пресуванні партії злитків алюмінідів титану. Встановлено, що ущільнення від високотемпературного синтезу залежить не тільки від енергосилових параметрів, але і від температури, фазової структури, агрегатного стану синтезованого продукту. Таким чином, модель сили ущільнення при високотемпературного синтезу залежить від багатьох факторів і її дослідження може безпосередньо вирішити питання створення термостійких матеріалів на основі $Ti-Al$.</p>
6	<p>Експерименти по визначенню даних про характеристики напружено-деформованого стану прокату для різних сполучень геометричних факторів осередку деформації доцільно проводити, приводячи їх до виду регресійної різниці. В ході проведення семіфакторного експерименту був обґрунтований критерій пластичності Λ. Отримані результати залежності одного з комплексних показників ступеня деформації в осьовій зоні від геометричних факторів деформації. Визначено, що величезний вплив на Λ в дослідженому діапазоні зміни факторів осередку деформації надає відносний обтиск зразків. Дана модель може бути використана для подальшого поліпшення режимів обтиску у разі інтенсивного поліпшення структури металу і (або) мінімально можливої кількості браку від переривань процесу.</p>
7	<p>У даній роботі представлені результати дослідження структури і властивостей багатокомпонентних титанових сплавів, отриманих в умовах високотемпературного синтезу (СВС). Під час поверхневого зміцнення титанових сплавів утворюється фази зміцнення (основної фази $TiAl$ з глибиною шару 10-15 мкм). Мікротвердість даного шару вище $H_u = 5-6$ ГПа. Досліджено процес легування титанових сплавів хромом, алюмінієм і кремнієм та вплив температури і часу на глибину шару покриття та структури. Дифузійний шар складається з двох фаз: моносиліциду та дисиліциду $TiSi_2$ на поверхні зразка і силіциду титану Ti_5Si_3 що примикає до шару $TiSi_2$ і α-твердого розчину. Під шаром силіциду незалежно від часу витримки утворюється зона α-твердого розчину. Встановлено, що із збільшенням температури насичення і ізотермічної витримки збільшується дифузійна товщина шару.</p>
8	<p>Зберігання даних про характеристики напружено-деформованого стану прокатоного металу для різних комбінаціях геометричних факторів при використанні результатів планованих експериментів доцільно проводити їх апроксимацію з метою встановлення регресійний залежностей. Протягом семи-факторного експерименту було засновано критерій пластичності. Розглянуті результати апроксимації одного основного комплексного ступеня показника деформації осьового зсуву зони залежно від геометричних факторів деформації. Встановлено, що найбільший вплив на Λ в досліджуваному інтервалі варіації факторів деформації зони надає відносний обтиск. Дані моделі можуть бути використані при розробці режимів обтиску щодо забезпечення</p>

	інтенсивного розвитку структури металу і (або) мінімального утворення дефектів в результаті його розриву.
9	Визначено фази і структури, що утворюються на нікелевих сплавах отриманих з інтерметалідних з'єднань. Встановлено, що основні характеристики інтерметалідних сплавів в значній мірі залежать від фазового складу. При повному вилугуванні нікелю алюмініди ГЦК-нікелю утворюються з періодом решітки типовою для масивного нікелю. Діяльність отриманого каталізатора змінюється в залежності до концентрації нікелю в з'єднаннях Ni-Al. Встановлено, що вилугуваний продукт NiAl ₃ в 3-15 разів більш активний, ніж Ni ₂ Al ₃ сплави і площа поверхні NiAl ₃ в два рази більш ніж у Ni ₂ Al ₃ . Питома поверхня для NiAl ₃ дорівнює 108 м ² /г і Ni ₂ Al ₃ - 53 м ² /г.
10	Високі швидкості деформації можуть мати чудовий ефект на поведінку матеріалу: модуль, твердість, напруга недостатність, тріщиностійкість, стрес корозії Юнга тріщин, і т.д. Розуміння ставки залежить властивості матеріалу є критичним при проектуванні структури в умовах високих деформацій, таким як динамічне ущільнення і швидка обробка сипучих матеріалів. Цей симпозиум надає форум для обміну досягнення у вимірі та моделюванні високотемпературної деформації швидкості деформації та їх застосування протягом аерокосмічної, механічної, цивільних і матеріалів інженерних областях.

Додаток 2. Анотації українською мовою статей, що наведені у Таблиці 4

№ з/п	Назви монографій та їх анотації
1	У роботі розглянуто вплив напружено-деформованого стану на формування структури і властивостей γ -TiAl сплавів, отриманих в умовах СВС-пресування, за допомогою комп'ютерного моделювання у програмі Deform. При вирішенні термо-деформаційної задачі пресування γ -TiAl сплавів в програму були інтегровані реологічні властивості γ -TiAl сплавів, отримані експериментально на комплексі Gleeble-3800, що дозволяє проводити чисельні розрахунки кінетичних залежностей основних параметрів процесу пресування продукту високотемпературного синтезу. Процес екструзії прутка характеризується напруженням всебічного стиснення, що забезпечує γ -TiAl сплавам найкращі в даних умовах пластичні властивості. Результати моделювання пресування γ -TiAl сплавів дозволили зафіксувати чотири чітко виражених зони, що визначають стадійність структуроутворення при СВС-пресуванні.
2	Проведено дослідження процесів деформації в алюмінідах титану, отриманих в результаті ущільнення від саморосповсюджувальному високотемпературного синтезу. Проведено моделювання залежностей щільності для різних алюмінідах титану. Промодельовані і експериментально підтверджені кінематичні параметри процесу пресування. Також проведені дослідження з визначення різних зон ущільнення злитка при пресуванні. Встановлено, що центральна зона злитка ущільнюється більшою мірою в порівнянні з зовнішніми зонами. Встановлено, що ущільнення від високотемпературного синтезу залежить не тільки від енергосилових параметрів, але і від температури, фазової структури, агрегатного стану синтезованого продукту. Таким чином, модель сили ущільнення при високотемпературного синтезу залежить від багатьох факторів і її дослідження може безпосередньо вирішити питання створення термостійких матеріалів на основі Ti-Al сплавів.
3	На сучасному етапі розвитку економіки все більшою стає потреба в нових наукомістких технологіях, що дозволяють при виготовленні продукції мінімізувати матеріальні витрати і, тим самим, підвищити рентабельність виробництва. У зв'язку з цим зростає роль нових ресурсозберігаючі технологій обробки металів. Серед цих технологій чільне місце займають процеси насичення поверхневого шару металу в умовах саморозповсюджувальному високотемпературного синтезу (СВС). Переваги цього процесу в технологічному і економічному аспектах дозволяє застосовувати його замість процесів хіміко-термічної обробки та ін. Запропонований метод зміцнення сприяє значному

	підвищенню зносостійкості мідних сплавів в умовах тертя за рахунок утворення залишкових напруг стиснення. Для заготовок з покриттями товщиною від 40 мкм і вище, були підібрані режими холодної деформації, що дозволяє уникнути фрагментації покриття при сумарних обжиманнях аж до 80 %.
4	Вплив пластичної деформації на структурних і фазових перетворень в низьколегованій сталі та Ti-Al сплавах. Оптимальні умови гарячої деформації для досліджуваного низьколегованих сталей в діапазоні температур від 850-950 °С і при швидкості деформації 100 с ⁻¹ . Структура формується з 58-62% фериту і 38-42% перліту. Оптимальні умови гарячої деформації для досліджуваних γ-TiAl сплавів в інтервалі температур 1000-1100 °С і при швидкості деформації 0,001 с ⁻¹ та 0,1 с ⁻¹ . Структура формується з фаз γ-TiAl і α ₂ -Ti ₃ Al.
5	В роботі розглянуті питання, пов'язані безпосередньо з отриманням інтерметалідних сплавів в режимі теплового вибуху, включаючи важливе питання переходу від самозаймання до ущільнення синтезованого продукту і отримання кінцевого продукту. В експериментах по визначенню залежності загальної пористості зразків з γ-TiAl сплаву від часу витримки під тиском варіювали як марки порошку титану, значною мірою визначають температуру пористої заготовки після проходження по ній хвилі горіння. Кристалізація продукту починається спочатку в тих областях розплаву, які збагачені більш тугоплавким компонентом. У зоні догорання відбувається донасищення твердого продукту алюмінієм. Встановлено, що зміна пористості інтерметалідних сплавів при СВС-пресуванні в значній мірі залежать від температури початку пресування, яка визначається температурою синтезу складу і часу витримки при тиску.
6	В роботі досліджено процес обробки металів тиском – осадку циліндричної заготовки. Деформований стан при осадці відрізняється великою неоднорідністю і залежить від цілого ряду факторів. Результати розрахунку показують, що найбільш впливовим фактором є ступінь деформації: зі збільшенням ступінь деформації нерівномірність деформації знижується. Наступною за впливом є геометрія заготовки: зі збільшенням фактора h/d рівномірність збільшується. На основі розробленої математичної моделі неоднорідності деформації встановлено, що зона найбільшої інтенсивності деформації реалізується в центральній зоні заготовки, на торцях контактних поверхонь неоднорідність деформації залежить від співвідношення R/h або D/H.
7	У дослідженні вказуються початкові умови використання електродіалізатору з ізолюючими екранами замість мембран. Пропонується методичний підхід для визначення проектних параметрів даного апарату.
8	Досліджено процес одержання жароміцних сплавів на основі моноалюмініду титану. Встановлено, що сплав на основі інтерметаліду TiAl має двофазну структуру, яка підтверджується результатами металографічних досліджень. Показано, що за температури випробування 700 °С жаростійкість алюмініду титану більша вдвічі за сплав VT-20 та втричі - за сплав VT-1-00.
9	У роботі розглянуто вплив дисперсності вихідного порошку кремнію на параметри процесу горіння СВС-систем. Досліджено вплив дисперсності на швидкість і температуру горіння, а також на глибину хімічного перетворення і фазовий склад кінцевого продукту.
10	Вивчено леговані інтерметалідні каталізatori на основі Ni-Al сплавів у реакціях глибокого окислення оксиду вуглецю та вуглеводнів. Проведено порівняння активності платиновмісних каталізатора і легованих Ni-Al-Mn-Cu систем в глибокому окисленні.
11	Методом рентгенофазового аналізу досліджено процес фазоутворення під час одержання багатокомпонентних каталізatori на основі інтерметаліду NiAl ₃ . Встановлено, що додавання марганцю дозволяє підвищити не тільки активність, але й значною мірою стабільність одержуваних каталізatori.

Додаток 3. Анотації українською мовою монографій, що наведені у Таблиці 5

№ з/п	Назви монографій та їх анотації
1	<p>У монографії розглянуті основні теоретичні та практичні відомості стосовно обробки металів тиском при нестационарних температурних умовах. Наведене моделювання, що у повному обсязі описує температурно-деформаційні режими даних процесів. Викладені сучасні технологічні методи обробки тиском при нестационарних температурних режимах. Описані характеристики матеріалів, отримані даним методом. Монографія може бути використана науковцями та інженерами-металургами, які займаються технологією обробки металів тиском, а також матеріалознавцями, що вивчають властивості нових матеріалів, які отримані при нестационарних температурних умовах.</p>