

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

**Державний обліковий номер:** 0523U100202

**Особливі позначки:** відкрита

**Дата реєстрації:** 18-10-2023

**Статус:** Запланована

**Реквізити наказу МОН / наказу закладу:**



## II. Відомості про здобувача

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Лаптев Анатолій Васильович

2. Anatolii V. Laptiev

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-7581-2933

**Вид дисертації:** доктор наук

**Шифр наукової спеціальності:** 05.16.06

**Назва наукової спеціальності:** Порошкова металургія та композиційні матеріали

**Галузь / галузі знань:** Не застосовується

**Освітньо-наукова програма зі спеціальності:** Не застосовується

**Дата захисту:** 11-10-2023

**Спеціальність за освітою:** Літакобудування

**Місце роботи здобувача:** Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05416930

**Місцезнаходження:** вул. Кржижановського, буд. 3, Київ, 03142, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Сектор науки:** Академічний

### III. Відомості про дисертацію

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** Д 26 207 03

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича  
Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05416930

**Місцезнаходження:** вул. Кржижановського, буд. 3, Київ, 03142, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Сектор науки:** Академічний

### IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича  
Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05416930

**Місцезнаходження:** вул. Кржижановського, буд. 3, Київ, 03142, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Сектор науки:** Академічний

### V. Відомості про дисертацію

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 29.29.25, 53.39.29.09, 53.39.31.09, 55.23.13.13

**Тема дисертації:**

1. Особливості консолідації, формування структури та властивостей порошкових матеріалів під дією ударного навантаження в широкому діапазоні температур
2. Peculiarities of Consolidation, Formation of the Structure and Properties of Powder Materials under Impact Load in a Wide Temperature Range

**Реферат:**

1. Дисертацію присвячено вирішенню важливої науково-технічної проблеми отримання високощільних однофазних та гетерофазних порошкових матеріалів з дрібнозернистою структурою та підвищеними механічними та функціональними властивостями для роботи в умовах дії інтенсивних механічних та електричних навантажень при кімнатній та підвищеній температурах. Для вирішення зазначеної проблеми використано концепцію про активацію процесу захоплення між частинками порошку при зниженій

температурі за рахунок підведення механічної енергії. При цьому рівень механічної енергії або кінетичної енергії удару повинні забезпечити високий тиск (~1000 МПа), підвищену ступінь деформації частинок (~40%) та високу швидкість деформації (50-100 с<sup>-1</sup>). Розроблено відповідне обладнання та технологія ущільнення у вакуумі порошків під дією ударного навантаження. Показано, що утворення міцного зв'язку поміж однорідними металевими частинками при їх ударному ущільненні в жорсткій матриці, що триває кілька тисячних часток секунди, відбувається при температурі 0,5-0,55 T<sub>пл</sub>, тиску 1200 МПа, пластичної деформації частинок 50-70 %. При більш високих, ніж 0,55, гомологічних температурах ударного ущільнення металевих порошків спостерігається інтенсивна рекристалізація у зразках, що проходить за час охолодження зразка, тобто за 10-30 с. Леговані порошки, наприклад, нержавіючої сталі X17N2, порошки ніхрому X20N80 та інтерметалідної сполуки Ni3Al можна ущільнити в жорсткій матриці до високощільного стану і забезпечити міцний зв'язок між частинками при гомологічних температурах відповідно 0,8, 0,85 та 0,9. Досліджено ударне ущільнення біметалічних композитів таких, як Ag-Ni, Cu-W, Cu-Cr, яке показало, що високощільні та міцні зразки можна отримати у твердій фазі із збереженням дрібнозернистої структури. Детальні дослідження ударного ущільнення проведені на традиційних композитах або твердих сплавах WC-Co, а також композитах, що містять карбід вольфраму та різні зв'язки – металеві (Ni, Cu) та інтерметалідну (Ni3Al). Встановлено, що при ударному ущільненні композитів WC-Co утворення міцного зв'язку поміж карбідом вольфраму та кобальтом відбувається при температурах 1150-1250 оС. Ущільнення композитів з об'ємним вмістом пластичної фази 25-40 % при температурі, коли з'являється рідка фаза, призводить до зменшення ступеня контакту карбідних частинок, збільшення ступеня зміцнення металевої зв'язки і в результаті до підвищення міцності зразків на вигин. Показано також, що ударне твердофазне ущільнення забезпечує отримання високоміцних композитів на основі карбіду вольфраму і зв'язок з міді (50 об. %) та інтерметаліду Ni3Al (55 об. %). Розглянуто механізм міцності на вигин композитів на основі карбіду вольфраму та металевих зв'язок. Запропоновано нове рівняння ущільнення порошків в жорсткій матриці у вигляді залежності тиску від відносної щільності з чотирма константами. Рівняння дозволяє описати процес ущільнення порошків у матриці до гранично можливої щільності з високою точністю.

2. This thesis is devoted to solving an important scientific and technical problem of obtaining high-density single-phase and multiphase powder materials with a non-equilibrium structure and increased mechanical and functional properties for operation under conditions of intense mechanical and electrical loads at room and elevated temperatures. To solve this problem, the concept of activating the seizure process between powder particles at a low temperature by supplying of mechanical energy is used. In this case, the level of mechanical energy or the kinetic energy of impact should provide a high pressure (~1000 MPa), an increased degree of particles deformation (~40%) and a high strain rate (50-100 s<sup>-1</sup>). Appropriate equipment and technology of densification in vacuum of powders under impact load have been developed. It is shown that the formation of a strong bond between homogeneous metal particles during their impact compaction in a rigid die, lasting several thousandths of a second, occurs at a temperature of 0.5-0.55 T<sub>m</sub>, a pressure of 1200 MPa, and plastic deformation of particles of 50-70%. At higher than 0.55 homologous temperatures of impact compaction of metal powders in the samples, intensive recrystallization is observed, which passes during the cooling of the sample, that is, in 10-30 s. Alloyed powders, for example, stainless steel Kh17N2, powders of nichrome Kh20N80 and intermetallic compound Ni3Al can be compacted in a rigid die to a high density state and provide a strong bond between particles at homological temperatures of 0.8, 0.85 and 0.9, respectively. The impact compaction of bimetallic composites such as Ag-Ni, Cu-W, Cu-Cr has been studied, which has shown that high-density and strong samples can be obtained in the solid phase and with maintaining a fine-grained structure. Detailed studies of impact compaction were carried out on traditional composites or WC-Co hard alloys, as well as composites containing tungsten carbide and various binders - metals (Ni, Cu) and intermetallic (Ni3Al). It has been established that during impact compaction of WC-Co composites, the formation of a strong bond between tungsten carbide and cobalt occurs at temperatures of 1150-1250 °C. Compaction of composites with a plastic phase content of 25-40 vol.% at the temperature of the appearance of the liquid phase leads to a decrease in the degree of contact of carbide particles, an increase in the degree of hardening of the metal binder and, as a result, an improvement of the strength of the samples at

bending. It has also been shown that solid-phase impact compaction ensure obtaining the high strength composites based on tungsten carbide and binders from copper (50 vol.%) and Ni<sub>3</sub>Al intermetallic (55 vol.%). The mechanism of bending strength of composites based on tungsten carbide and metal binders is consider. A new equation of powder densification in a rigid die in the form of dependence of pressure on relative density with four constants is proposed. The equation makes it possible to describe the process of powders compaction in a rigid die to the limit density with high accuracy.

**Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Нові речовини і матеріали

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:** Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій

**Підсумки дослідження:** Нове вирішення актуального наукового завдання

**Публікації:**

- Laptiev A., Pakiela Z., Tolochyn O., Brynk T. Microstructure and mechanical properties of WC-40Co composite obtained by impact sintering in solid state // J. Alloys Compounds, 2016.-Vol.687.-P.135-142. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2016.05.343>
- Anatolii Laptiev, Barbara Romelczyk, Oleksandr Tolochyn, Tomasz Brynk, Zbigniew Pakiela. Influence of the impact sintering temperature on the structure and properties of samples from the different iron powders // Advanced Powder Technology, 2017.-vol. 28.-P. 363-374. <https://doi.org/10.1016/j.apt.2016.10.007>
- Tomasz Brynk, Barbara Romelczyk, Anatolii Laptiev, Oleksandr Tolochyn, Zbigniew Pakiela. Fatigue crack growth in Fe mini-samples consolidated by means of impact sintering // Key Engineering Materials, 2014. - Vols. 577-578. - P. 245-248. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.577-578.245>
- Brynk T., Laptiev A., Tolochyn O. Pakiela Z. The method of fracture toughness measurement of brittle materials by means of high-speed camera and DIC // Computational Materials Science, 2012 - vol. 64 - P. 221-224. <https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2012.05.025>
- Laptev A. V., Ponomarev S.S., Ochkas L.F. Solid-Phase Consolidation of fine-grained WC-16%Co hardmetal. // Journal of Advanced Materials, 2001.-vol. 33, No 3.-P. 42-51.
- Laptev A.V., Ponomarev S.S., Ochkas L.F. Structural Features and Properties of Alloy 84% WC □ 16% Co, Obtained by Hot Pressing in the Solid and Liquid Phases. Part 1. Effect of the Temperature at which the Specimens are Prepared on Their Density and Structure. // Powder Metallurgy and Metal Ceramics, 2000.-vol. 39.-P. 607-617. <https://doi.org/10.1023/A:1011388400293>
- Laptev A.V., Ponomarev S.S., Ochkas L.F. Structural Features and Properties of Alloy 84% WC □ 16% Co, Obtained by Hot Pressing in the Solid and Liquid Phases. Part 2. Influence of the Temperature at which the Specimens are Made on Their Physicomechanical Properties. // Powder Metallurgy and Metal Ceramics, 2001.-vol. 40.-P. 77-83. <https://doi.org/10.1023/A:1011368124481>
- Laptev A.V. Potential of the High-Energy Hot Compaction in a Vacuum for Creating Materials with an Ultrafine Structure and High Strength. Powder Metallurgy and Metal Ceramics, 2001.-v. 40.-P. 103-111. <https://doi.org/10.1023/A:1011963019060>
- Koval'chenko M.S., Laptev A.V. Dynamics of WC - Co Hard Alloy Compaction with Hot Pulsed Pressing. Powder Metallurgy and Metal Ceramics, 2004.-vol. 43.- P. 117-126). <https://doi.org/10.1023/B:PMMC.0000035698.34943.c6>
- Laptev A.V. Theory and technology of sintering, thermal and chemicothermal treatment. Densification of WC-Co alloys in solid-phase sintering (review). // Powder Metall. Met. Ceram., 2007.-v.46.- P.317-324. <https://doi.org/10.1007/s11106-007-0051-3>
- Laptev A.V. Structure and properties of WC-Co alloys in solid-phase sintering. I. Geometrical evolution. // Powder Metallurgy and Metal Ceramics, 2007.-vol. 46.-P. 415-422. <https://doi.org/10.1007/s11106-007->

- Laptev A.V. Structure and properties of WC-Co alloys in solid-phase sintering. II. Mechanical properties of samples. // Powder Metallurgy and Metal Ceramics, 2007.-vol. 46.- P. 517-524.  
<https://doi.org/10.1007/s11106-007-0080-y>
- Лаптев А. В., Толочин А. И., Ковыляев В. В., Вербило Д. Г., Кондряков Е. А. Ударное спекание порошка жаропрочной нержавеющей стали X17H2. I. Плотность и структура образцов // Металлофизика и новейшие технологии, 2012.- Т. 34, №2.-С. 195-208.
- Лаптев А.В., Толочин А.И., Ковыляев В.В., Вербило Д.Г., Кондряков Е.А. Ударное спекание порошка жаропрочной нержавеющей стали X17H2. II. Механические свойства образцов и оценка коэффициентов диффузии при изотермической выдержке и ударном уплотнении // Металлофизика и новейшие технологии, 2012. - Т.34, №4.-С. 521-540.
- Лаптев А. В., Крячко Л. А., Толочин А. И., Вербило Д. Г., Головкова М.Е. Сравнение структуры и механических свойств обычного и ультрамелкозернистого композитов Ag-30Ni, полученных методом ударного спекания // Металлофизика и новейшие технологии, 2012.- Т.34, №10. - С. 1001-1018.
- Толочин А. И., Лаптев А. В., Окунь И. Ю., Евич Я. И. Ударное уплотнение порошка вольфрама в широком диапазоне температур. I. Плотность и структура // Металлофизика и новейшие технологии, 2014. - Т. 36, №1. - С. 17-29.
- Толочин А. И., Лаптев А. В., Окунь И. Ю., Евич Я. И. Ударное уплотнение порошка вольфрама в широком диапазоне температур. II. Механические свойства // Металлофизика и новейшие технологии, 2014. - Т. 36, №2. - С. 217-228.
- Radchenko P.Y., Get'man O.I., Panichkina V.V., Skorokhod V. V., Podrezov Yu. N., Verbilo D. G., Laptev A. V., and Tolochin A. I. The Structure and Properties of Powder Copper Hardened by Fine Tungsten Particles. // Powder Metallurgy Metal Ceramics, 2014.-vol. 53. - P. 404-410. <https://doi.org/10.1007/s11106-014-9631-1>
- Laptev A.V., Tolochin A.I., Verbilo D.G. and Okun' I. Yu. Structure and Properties of Kh20N80 Alloy Powders Produced by Impact Sintering at Different Temperatures. // Powder Metallurgy and Metal Ceramics, 2015.-vol. 54.- P. 416-427. <https://doi.org/10.1007/s11106-015-9731-6>
- Laptev A.V., Tolochin A.I., Kovalchenko M.S., Evich Ya. I. and Okun' I. Yu. Structure and Properties of Ni3Al Intermetallic Under Vacuum Impact Sintering. // Powder Metall. Met. Ceram., 2016.-v. 54.-P.554-567. <https://doi.org/10.1007/s11106-016-9749-4>
- Laptiev A. Some Trends in Improving WC-Co Hardmetals. I. Hybrid and Coarse-Grained Hardmetals. // Powder Metallurgy and Metal Ceramics, 2019.-v. 58.-P. 42-57. <https://doi.org/10.1007/s11106-019-00046-3>
- Laptiev A. Some Trends in Improving WC-Co Hardmetals. II. Functionally Graded Hardmetals. // Powder Metallurgy and Metal Ceramics, 2019.-v. 58.- P. 170-183. <https://doi.org/10.1007/s11106-019-00061-4>
- Лаптев А.В., Толочин А.И., Карпец М.В., Мысливченко А.Н., Окунь И.Ю., Евич Я.И. Влияние температуры ударного спекания на плотность, структуру и свойства композита Ni3Al – 45 об. % WC. // НАУКОВІ НОТАТКИ, Луцьк, 2019. Вип. № 66.- С. 195-207.
- Хоменко Е. В., Лаптев А. В., Толочин А. И., Минакова Р. В., Ковальченко М. С. Структура и свойства композитов Cu – Cr различного состава, полученных твердофазным прессованием в вакууме. // Электрические контакты и электроды. Сб. трудов ИПМ НАНУ.- Киев, 2008 г. - С. 110-115.
- Лаптев А. В., Толочин А. И., Крячко Л. А., Вербило Д. Г., Окунь И. Ю. Свойства ультрамелкозернистого композита Cu-64WC, полученного вакуумным горячим прессованием // Электрические контакты и электроды. Сб. трудов ИПМ НАНУ. Киев, 2010. - С. 198-206.
- Толочин А. И., Хоменко Е. В., Лаптев А. В., Анализ прочности и пластичности композитов Cu-35Cr и Cu-65Cr, полученных прессованием в твердой фазе // "Электрические контакты и электроды". Сб. трудов ИПМ НАНУ. Киев, 2010.- С. 189-197.
- Лаптев А. В., Толочин А. И., Хоменко Е. В. Влияние температуры ударного прессования в вакууме на плотность, структуру и свойства порошковой меди // Электрические контакты и электроды. Труды ИПМ НАНУ. - Киев, 2012. - С. 117-124.

- Подрезов Ю. М., Лаптев А. В., Толочин О. І., Євич Я. І. Контактотворення при імпульсному пресуванні в порошкових двокомпонентних системах Cu-Ni та Ag-Ni // Електронна мікроскопія і прочність матеріалів. Вып. 18. Труды ИПМ НАНУ. Серия «Физическое материаловедение, структура и свойства материалов». – Киев, 2012. – С. 139-149.
- Толочин А. И., Лаптев А. В., Хоменко Е. В. Влияние температуры ударного прессования в вакууме на физико-механические свойства композитов Cu-Cr // Электрические контакты и электроды. Труды ИПМ НАНУ. Серия "Композиционные слоистые и градиентные материалы и покрытия". – Киев, 2014. – С. 65-74.
- Крячко Л. А., Лаптев А. В., Толочин А. И., Бега Н. Д., Євич Я. И., Головкова М. Е., Лебедь А. В. Структура и свойства композита W-50 об.% Cu, полученного с применением порошка вольфрама, активированного размолом в шаровой мельнице // Электрические контакты и электроды. Труды ИПМ НАНУ. Серия "Композиционные слоистые и градиентные материалы и покрытия". – Киев, 2014. – С. 75-89.
- Ковальченко М.С., Лаптев А.В., Юрчук Н.А., Свердел В.В. Анализ физико-механических свойств твердого сплава на основе карбида вольфрама, полученного спеканием и горячим прессованием в вакууме. // Сб. Карбиды и материалы на их основе, Киев, ИПМ, 1991.– С. 110-117.

**Наукова (науково-технічна) продукція:**

**Соціально-економічна спрямованість:**

**Охоронні документи на ОПВ:**

Винаходи, корисні моделі, промислові зразки

Патент UA 80215, B22F 3/16, C22C 1/05. Інститут проблем матеріалознавства НАН України, Лаптев А. В., Толочин О. І., Ковальченко М. С. Спосіб одержання твердих сплавів з ультрадисперсною структурою, які містять зв'язуюче. Заявл. 04.04.2006, опубл. 27.08.2007, Бюл. № 13.

**Впровадження результатів дисертації:** Планується до впровадження

**Зв'язок з науковими темами:** 0193U017360, 0102U005416, 0107U002707, 0112U002095, 0117U001052

## **VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)**

## **VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Рудь Віктор Дмитрович

2. Viktor D. Rud'

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-3929-9735

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Луцький національний технічний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 05477296

**Місцезнаходження:** вул. Львівська, буд. 75, Луцьк, Луцький р-н., 43018, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Сектор науки:** Університетський

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Бейгельзімер Яків Юхимович
2. Yakiv Y. Beyhel'zimer

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-1321-8565

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Донецький фізико-технічний інститут імені О. О. Галкіна  
Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05420497

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 46, Київ, 03680, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Сектор науки:** Академічний

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Мініцький Анатолій Вячеславович
2. Anatoliy V. Minitsky

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-5767-4071

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** 02070921Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Код за ЄДРПОУ:** 03070923

**Місцезнаходження:** пр-т Перемоги, 37, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Сектор науки:** Університетський

**VIII. Заключні відомості**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради:** Баглюк Геннадій Анатолійович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні:** Баглюк Геннадій Анатолійович

**Відповідальний за підготовку облікових документів:** Радченко Олександр Кузьміч ,  
+380954245507

**Реєстратор:** УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є  
відповідальним за реєстрацію наукової  
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна