

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з навчальної роботи
Національного технічного
університету України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”

к.т.н., доц.

Тетяна ЖЕЛЯСКОВА



2025 р.

ВИТЯГ

з протоколу № 11 від 25 лютого 2025 р. розширеного засідання
кафедри високотемпературних матеріалів та порошкової металургії
Національного технічного університету України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

БУЛИ ПРИСУТНІ:

- з кафедри високотемпературних матеріалів та порошкової металургії: зав. кафедри, д.т.н. професор Богомол Ю. І.; заступник директора НН ІМЗ ім. Є.О. Патона з наукової роботи, д.т.н., професор Мініцький А. В.; професор кафедри, д.т.н., професор Юркова О. І.; професор кафедри, к.т.н., професор Степанчук А. М.; доцент кафедри, д.т.н. Барабаш М. Ю.; доцент кафедри, к.т.н., доцент Степанов О. В.; доцент кафедри, к.т.н. Троснікова І. Ю.; доцент кафедри, к.т.н., доцент Бірюкович Л. О.; асистент кафедри, Ph.D. Тесля С. Ю.; асистент кафедри, Ph.D. Втерковський М. Я.; ст. викладач кафедри Руденький С. О.; провідний інженер кафедри Пономарчук С. Г.; аспірант кафедри Наконечний С. О.; аспірант кафедри Резнік Д. О.; аспірант кафедри Коваленко М. В.
- з кафедри фізичного матеріалознавства та термічної обробки: директор НН ІМЗ ім. Є.О. Патона, д.ф.-м.н., професор Владимирський І. А.; зав. кафедри, д.ф.-м.н., професор Карпець М. В.
- з кафедри ливарного виробництва: доцент кафедри, к.т.н., доцент Биба Є. Г.

Запрошені з інших організацій:

- Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України: д.т.н., професор Майстренко А. Л., к.т.н. Андреев І. В., к.т.н. Матвійчук О.О.
- Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, к.ф.-м.н. Карасевська О. П.
- Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О. Галкіна НАН України, к.ф.-м.н. Акимов Г. Я.

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспіранта кафедри високотемпературних матеріалів та порошкової металургії Шеремета Віталія Ігоровича за матеріалами дисертаційної роботи “Закономірності формування структури та фізико-механічних властивостей твердих сплавів WC-Co в умовах ізостатичного тиску”, поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 132 Матеріалознавство.

Освітньо-наукова програма – Матеріалознавство.

Тему дисертаційної роботи “Розробка альтернативної технології виробництва твердих сплавів” затверджено на засіданні Вченої ради навчально-наукового інституту матеріалознавства та зварювання імені Є.О. Патона (протокол № 14/21 від “29” листопада 2021 року) та перезатверджено на “Закономірності формування структури та фізико-механічних властивостей твердих сплавів WC-Co в умовах ізостатичного тиску” на засіданні Вченої ради навчально-наукового інституту матеріалознавства та зварювання імені Є.О. Патона (протокол № 1/25 від “27” січня 2025 року).

Науковим керівником затверджені к.т.н., доцент Троснікова І. Ю., к.ф.-м.н., с.н.с. ДонФТІ ім. О.О. Галкіна НАН України Акимов Г. Я.

2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили:

- д.т.н., професор Богомол Ю. І.;
- к.т.н., професор Степанчук А. М.;
- к.т.н., доцент Степанов О. В.;
- д.ф.-м.н., професор Владимирський І. А.;
- д.ф.-м.н., професор Карпець М. В.;
- д.т.н., професор Мініцький А. В.;
- д.т.н., професор Майстренко А. Л.

3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь:

- д.т.н., професор Богомол Ю. І.;
- к.т.н., професор Степанчук А. М.;
- д.ф.-м.н., професор Карпець М. В.;
- к.т.н., доцент Степанов О. В.;
- д.ф.-м.н., професор Владимирський І. А.;
- д.т.н., професор Майстренко А. Л.;
- д.т.н., професор Юркова О. І.;
- д.т.н., професор Мініцький А. В.;
- д.т.н., Барабаш М. Ю.

УХВАЛИЛИ:

ПРИЙНЯТИ такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження:

1. Актуальність теми дослідження

Тверді сплави є найуживанішими матеріалами в обробній промисловості та одними з найбільш широко використовуваних продуктів порошкової металургії загалом. Різання, штамповка, фрезерування, волочіння, виробництва спеціального призначення наразі неможливо уявити без застосування твердих сплавів різних модифікацій. З ростом індустріалізації зростає і потреба в підвищенні експлуатаційних характеристик цих матеріалів. Серед основних шляхів покращення властивостей твердих сплавів можна виділити методи, пов'язані з модифікацією їх хімічного складу, та методи термічної обробки. Однак, часто ріст однієї з властивостей супроводжується падінням іншої.

Більшість з сучасних методів модифікації твердих сплавів є енергомісткими та мають ряд недоліків. У роботах по вивченню впливу холодного ізостатичного пресування на характеристики кераміки та композитів було показано підвищення рівня механічних властивостей цих матеріалів. В одиничних роботах ХІІ застосовувалось в якості допоміжної операції для підвищення щільності пресовок з твердих сплавів, але ґрунтового вивчення впливу даного методу на властивості твердих сплавів не проводилось.

Актуальною задачею у виробничій практиці є мінімізація структурних недоліків та дефектів у готових виробах. Підвищення механічних властивостей зразків зі сталі, консолідованих за адитивною технологією, вдалося досягти завдяки обробці цього матеріалу високим гідростатичним тиском у 500 МПа. Однак, робіт по вивченню впливу обробки високим гідростатичним тиском спечених твердих сплавів на комплекс фізико-механічних та експлуатаційних властивостей виробів з цих матеріалів знайдено не було.

Таким чином, проведення комплексного дослідження по визначенню впливу холодного ізостатичного пресування неспечених заготовок з твердих сплавів та впливу обробки високим гідростатичним тиском спечених твердих сплавів на їх фазовий склад, напружено-деформований стан, структуру, фізико-механічні характеристики та експлуатаційні властивості інструменту з цих матеріалів є актуальною науковою задачею, що становить практичний інтерес.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Наукова робота виконувалась на кафедрі Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії Навчально-наукового інституту матеріалознавства та зварювання імені Є.О. Патона Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» та мала зв'язок з науково-дослідними роботами: «Створення основ технології швидкісного спікання субмікророзернистих металокерамічних матеріалів» (номер державної реєстрації 0121U100503); «Біорозчинні порошкові матеріали для ортопедії та високоефективної реабілітації поранених» (номер державної реєстрації 0123U100934).

3. Наукова новизна отриманих результатів

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

1) Уперше, в рамках узагальненого аналізу серії фізичних експериментів, встановлено, що ХІП неспечених твердих сплавів WC-8Co та WC-15Co задає кінетичні умови, що забезпечують формування структури спечених сплавів з переважаючою ГЦП поліморфною модифікацією кобальту на противагу переважаючій ГЦК модифікації зв'язуючої складової в сплавах, одержаних одночасним пресуванням, шляхом ініціації мартенситного ГЦК→ГЦП фазового перетворення Co під час спікання.

2) На основі порівняльного аналізу експериментальних даних вперше показано, що застосування ХІП неспеченого твердого сплаву WC-8Co-0,3VC призводить до структурних змін в спеченому сплаві, що супроводжуються зростанням сумарної інтенсивності дифракції від площин ГЦК поліморфної модифікації кобальту на порядок порівняно зі сплавом того ж хімічного складу, одержаного одночасним пресуванням. Водночас показано, що співвідношення інтенсивностей дифракції площин (001) WC до дифракції площин {100} WC для спеченого сплаву WC-8Co-0,3VC, який піддавали ХІП, зросло на 15 % порівняно зі сплавом того ж хімічного складу, одержаного одночасним пресуванням, що вказує на спадкування форми кристалів WC вихідного порошку.

3) У роботі вперше експериментально встановлено можливість підвищення міцності, твердості та тріщиностійкості твердих сплавів WC-8Co, WC-8Co-0,3VC, WC-15Co, одержаних із застосуванням ХІП, за рахунок зміни фазового складу та зменшення розміру структурних складових. Так, в сплаві WC-8Co, який піддавали ХІП, міцність при триточковому згині зросла на 9 %, а твердість на 2 одиниці за шкалою HRA порівняно зі сплавом, одержаним одночасним пресуванням, що вказує на можливість застосування ХІП в якості альтернативи операції ГІП твердих сплавів. Показано, що застосування ХІП під час одержання твердого сплаву WC-8Co-0,3VC відобразилось у підвищенні його тріщиностійкості на 52 % із збереженням тенденції зменшення розміру зерен WC, що є критично важливим для сплавів з інгібіторами росту зерен (ІРЗ). Застосування ХІП під час одержання твердого сплаву WC-15Co дозволило підвищити міцність при триточковому згині на 13 % та твердість на 1 одиницю за шкалою HRA.

4) У рамках експлуатаційних випробувань вперше встановлено, що більш високу зносостійкість мають тверді сплави, які піддавали ХІП до спікання. Так, ширина ділянки зношування на вставці бурового долота з твердого сплаву WC-6Co, який піддавали ХІП, коротша на 16 % порівняно з тим же параметром на інструменті зі сплаву, одержаного одночасним пресуванням. Довжина ділянки зношування на крайці різця з твердого сплаву WC-8Co, який піддавали ХІП, у 3 рази коротша у порівнянні з тим же параметром на різці зі сплаву, одержаного одночасним пресуванням, і більш ніж у 2 рази коротша порівняно з довжиною ділянки зношування на крайці різця, одержаного із застосуванням ГІП. Довша вісь плями еліптичної ділянки зношування на робочій поверхні вигладжувача з твердого сплаву

WC-15Co, який піддавали ХІП, майже у 2 рази коротша порівняно з тим же параметром на інструменті зі сплаву, одержаного стандартною технологією.

5) Уперше виявлено, що обробка твердого сплаву WC-15Co високим гідростатичним тиском ініціює мартенситне ГЦК→ГЦП фазове перетворення у кобальті. Збільшення кількості ГЦП модифікації Co по відношенню до загальної кількості кобальту в твердому сплаві відобразилось на рості твердості та міцності обробленого ВГТ сплаву. Унаслідок зміни фазового складу та зміни характеру взаємодії зерен WC та Co підвищилась зносостійкість твердого сплаву WC-15Co, який після спікання піддавали обробці ВГТ. Так, довша вісь еліптичної плями зношування на робочій поверхні вигладжувача зі сплаву, який піддавали обробці ВГТ, на 37 % коротша порівняно з тим же параметром на інструменті зі сплаву, який не піддавали додатковій обробці.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи, впровадження

На основі проведених досліджень були розширені уявлення щодо впливу ХІП неспечених вольфрамокобальтових твердих сплавів на кінетику структуро- та фазоутворення під час спікання та комплекс фізико-механічних властивостей та експлуатаційних характеристик спеченого інструменту з цих матеріалів.

Розроблено технологічні прийоми обробки спечених твердих сплавів, що забезпечують підвищення зносостійкості обробленого інструменту з цих матеріалів. Перспективним є розвиток технологічних аспектів одержання та обробки твердих сплавів застосуванням ізостатичного тиску, які в подальшому можуть бути конкуруючою альтернативою традиційних високоенергетичних методів.

5. Апробація результатів дисертації

За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 13 наукових праць, включаючи:

- 5 наукових статей у фахових періодичних виданнях, що індексуються наукометричними базами даних (Scopus, Web of Science Core Collection);

- 8 публікацій за матеріалами доповідей на вітчизняних та міжнародних науково-технічних конференціях: XII Міжнародна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Перспективні технології на основі новітніх фізико-матеріалознавчих досліджень та комп'ютерного конструювання матеріалів» (Київ, 2019); Школа-конференція молодих вчених «Сучасне матеріалознавство: фізика, хімія, технології» (Ужгород, 2019); 6th International conference «HighMathTech 2019» (Київ, 2019); Одинадцята конференція молодих вчених та спеціалістів «Надтверді, композиційні матеріали та покриття: отримання, властивості, застосування» (Київ, 2020); 7th International materials science conference «HighMathTech-2021» (Київ, 2021); 2nd International research and practice conference «Nanoobjects & nanostructuring» (Львів, 2022); 8th International materials science conference

«HighMathTech-2023» (Київ, 2023); IXth International Samsonov conference «Materials science of refractory compounds» (Київ, 2024).

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Шеремета В. І. визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача

За результатами досліджень опубліковано 13 наукових публікацій, у тому числі:

- 1 стаття у науковому фаховому виданні України за спеціальністю 132 Матеріалознавство в т.ч. 1 стаття у яких число співавторів (разом із здобувачем) більше двох осіб;

- 4 статті у періодичних наукових виданнях проіндексованих у базах Scopus та/або Web of Science Core Collection, в т.ч. 2 статті у виданні з квантилем Q3 і 2 статті з квантилем Q4;

- 8 тез виступів на наукових конференціях;

1. Вплив обробки твердого сплаву WC-15Co високим гідростатичним тиском на зносостійкість оснащеного ним інструменту / Г. Я. Акимов, **В. І. Шеремет**, І. В. Андреев, С. Ф. Студенець, С. Є. Шейкін, І. Ю. Троснікова, П. І. Лобода // Надтверді матеріали. – 2025. – Т. 272, № 1. – С. 37–47. DOI: 10.3103/S1063457625010022 (Фахове видання України категорії А). *Особистий внесок – участь у виготовленні дослідних зразків, проведення експериментальних досліджень, аналіз та обробка експериментальних даних, участь у обговоренні результатів, написання і подання статті до журналу.*

2. Cold Isostatic Pressing Effect on the WC-15 wt.% Co Hard Alloy Strength / **V. I. Sheremet**, G. Ya. Akimov, I. V. Andreev, I. Yu. Trosnikova, and P. I. Loboda // Strength of Materials. – 2024. – Т. 56, № 3. – С. 551–558. DOI: 10.1007/s11223-024-00670-4 (Стаття індексована у базах даних Scopus та Web of Science Core Collection, квантиль Q4) *Особистий внесок – участь у виготовленні дослідних зразків, проведення експериментальних досліджень, аналіз та обробка експериментальних даних, участь у обговоренні результатів, написання і подання статті до журналу.*

3. Effect of Cold Isostatic Pressing and VC Grain Growth Inhibitor Addition on WC Grain Size and Mechanical Properties of WC-8Co Cemented Carbide / G. Ya. Akimov, I. V. Andreev, T. O. Kosenchuk, **V. I. Sheremet**, I. Yu. Trosnikova, and P. I. Loboda // Journal of Mechanical Engineering. – 2024. – Т. 21, № 2. – С. 23–35. DOI: 10.24191/jmeche.v21i2.26252 (Стаття індексована у базі даних Scopus, квантиль Q4) *Особистий внесок – участь у виготовленні дослідних зразків, проведення експериментальних досліджень, аналіз та обробка експериментальних даних, участь у обговоренні результатів, написання і подання статті до журналу.*

4. The Structure and Mechanical Properties of WC–8 wt.% Co Hardmetal Produced by Cold and Hot Isostatic Pressing / G. Ya Akimov, I. V. Andreev, **V. I. Sheremet**, I. Yu. Trosnikova, P. I. Loboda, and T. O. Kosenchuk // Powder Metallurgy and Metal Ceramics. – 2022. – Т. 61, № 1-2. – С. 9–17. DOI: 10.1007/s11106-022-00290-0 (Стаття індексована у базах даних Scopus та Web of Science Core Collection, квартиль Q3) *Особистий внесок – участь у виготовленні дослідних зразків, проведення експериментальних досліджень, аналіз та обробка експериментальних даних, участь у обговоренні результатів, написання і подання статті до журналу.*

5. The Effect of Cold Isostatic Pressing of Powder Billets Produced from the VK8 Hardmetal on its Hardness and Phase Composition After Sintering [Електронний ресурс] / G. Ya Akimov, I. V. Andreev, P. I. Loboda, I. Yu. Trosnikova, **V. I. Sheremet**, A. O. Novokhatska, and L. M. Melakh // Powder Metallurgy and Metal Ceramics. – 2021. – Т. 60, № 3-4. – С. 142–149. DOI: 10.1007/s11106-021-00235-z (Стаття індексована у базах даних Scopus та Web of Science Core Collection, квартиль Q3) *Особистий внесок – участь у виготовленні дослідних зразків, проведення експериментальних досліджень, аналіз та обробка експериментальних даних, участь у обговоренні результатів, написання і подання статті до журналу.*

6. Вплив тиску холодного ізостатичного пресування на твердість сплаву ВК8 / **В. І. Шеремет**, Г. Я. Акимов, І. Ю. Троснікова, І. В. Андреев, Т. О. Соловійова, Ю. М. Романенко // Перспективні технології на основі новітніх фізико-матеріалознавчих досліджень та комп'ютерного конструювання матеріалів : XII Міжнародна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених. – Київ, 2019. – С. 162–164. *Особистий внесок – участь у виготовленні дослідних зразків, проведення експериментальних досліджень, аналіз та обробка експериментальних даних, участь у обговоренні результатів, написання і подання тез.*

7. Закономірності впливу холодного ізостатичного пресування на властивості твердого сплаву ВК8 / **В. І. Шеремет**, Г. Я. Акимов, І. В. Андреев, Ю. М. Романенко, Т. О. Соловійова // Сучасне матеріалознавство: фізика, хімія, технології : Шк.-конф. молодих вчен. СМФХТ – 2019. – Ужгород, 2019. – С. 237–239. *Особистий внесок – участь у виготовленні дослідних зразків, проведення експериментальних досліджень, аналіз та обробка експериментальних даних, участь у обговоренні результатів, написання і подання тез.*

8. Sheremet V. I. The influence of high pressures on microstructure and physical properties of WC-8 wt% Co hard alloy / **V. I. Sheremet**, I. Yu. Trosnikova, G. Ya Akimov // HighMathTech 2019 : 6th international conference. – Київ, 2019. – С. 129. *Особистий внесок – участь у виготовленні дослідних зразків, проведення експериментальних досліджень, аналіз та обробка експериментальних даних, участь у обговоренні результатів, написання і подання тез.*

9. Вплив ХІП порошкової заготовки ВК8 перед спіканням на залишкові напруження в зернах карбіду вольфраму та твердість після її спікання / Г. Я. Акимов, **В. І. Шеремет**, І. В. Андреев, І. Ю. Троснікова,

А. О. Новохацька // Надтверді, композиційні матеріали та покриття: отримання, властивості, застосування : Одинадцятої конф. молодих вчен. та спеціалістів. – Київ, 2020. – С. 36–38. *Особистий внесок – участь у виготовленні дослідних зразків, проведення експериментальних досліджень, аналіз та обробка експериментальних даних, участь у обговоренні результатів, написання і подання тез.*

10. Influence of the manufacturing technology of metal-ceramic WC-8%Co on its physical and mechanical properties / G. Ya Akimov, I. Yu. Trosnikova, I. V. Andreiev, **V. I. Sheremet** // HighMathTech–2021. – Київ, 2021. – С. 7. *Особистий внесок – участь у виготовленні дослідних зразків, проведення експериментальних досліджень, аналіз та обробка експериментальних даних, участь у обговоренні результатів, написання і подання тез.*

11. Minimization of WC grain size in WC-8Co cemented carbides under combined action of cold isostatic pressing and VC grain growth inhibitor / G. Ya. Akimov, **V. I. Sheremet**, I. V. Andreev, I. Yu. Trosnikova // Nanoobjects & Nanostructuring – 2022 : тези доповідей. – Львів, 2022. – С. 17. *Особистий внесок – участь у виготовленні дослідних зразків, проведення експериментальних досліджень, аналіз та обробка експериментальних даних, участь у обговоренні результатів, написання і подання тез.*

12. Effect of cold isostatic pressing pressure of 300 MPa on transverse rupture strength of sintered WC-3 wt.%Co and WC-15 wt.%Co cemented carbides / G. Ya. Akimov, I. V. Andreev, **V. I. Sheremet**, I. Yu. Trosnikova // HighMatTech–2023. – Київ, 2023. – С. 53. *Особистий внесок – участь у виготовленні дослідних зразків, проведення експериментальних досліджень, аналіз та обробка експериментальних даних, участь у обговоренні результатів, написання і подання тез.*

13. Effect of high hydrostatic pressure treatment of cemented carbides WC-3Co, WC-6Co, and WC-15Co on their Vickers hardness / G. Ya. Akimov, **V. I. Sheremet**, I. V. Andreev, I. Yu. Trosnikova, P. I. Loboda // Materials science of refractory compounds : IXth international samsonov conference. – Київ, 2024. *Особистий внесок – участь у виготовленні дослідних зразків, проведення експериментальних досліджень, аналіз та обробка експериментальних даних, участь у обговоренні результатів, написання і подання тез.*

Якість та кількість публікацій відповідають «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Шеремета В. І. “Закономірності формування структури та фізико-механічних властивостей твердих сплавів WC-Co в умовах ізостатичного тиску”, що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 132 Матеріалознавство за своїм науковим рівнем, новизною отриманих результатів, теоретичною та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, що пред’являють до дисертацій на здобуття

ступеня доктора філософії та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КПІ ім. Ігоря Сікорського «Матеріалознавство» зі спеціальності 132 Матеріалознавство.

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу “Закономірності формування структури та фізико-механічних властивостей твердих сплавів WC-Co в умовах ізостатичного тиску”, подану Шереметом Віталієм Ігоровичем на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді КПІ ім. Ігоря Сікорського утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

д. т. н., професор, професор кафедри технології виробництва літальних апаратів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Тітов Вячеслав Андрійович;

Члени:

Рецензенти:

д. ф. – м. н., професор, завідувач кафедри фізичного матеріалознавства та термічної обробки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Карпець Мирослав Васильович;

к. т. н., професор, професор кафедри високотемпературних матеріалів та порошкової металургії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Степанчук Анатолій Миколайович;

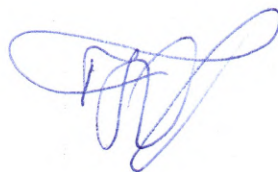
Офіційні опоненти:

д. т. н., чл.-кор. НАН України, професор, завідувач відділу №9 «Комп'ютерного моделювання та механіки композиційних матеріалів» Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України
Майстренко Анатолій Львович;

д. ф. – м. н., професор, завідувач відділу фізики дисперсних систем Інституту металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України
Рудь Олександр Дмитрович.

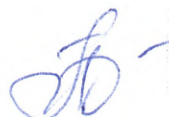
Головуючий на засіданні

д. т. н., професор, зав. кафедри високотемпературних матеріалів та порошкової металургії



Юрій БОГОМОЛ

Вчений секретар
кафедри високотемпературних матеріалів та порошкової металургії
к. т. н., доцентка



Ліна БІРЮКОВИЧ