

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи
НУ «Запорізька політехніка»,
д. т. н., проф.

Вадим ШАЛОМЄЄВ

ВИТЯГ

з протоколу № 10

розширеного засідання кафедри інтегрованих технологій зварювання та моделювання конструкцій інженерно-фізичного факультету Національного університету «Запорізька політехніка» (НУ «Запорізька політехніка») від «17» квітня 2025 р.

ПРИСУТНІ:

Головуючий на засіданні - Капустян О. Є. – завідувач кафедри інтегрованих технологій зварювання та моделювання конструкцій, к.т.н., доцент;
Секретар - Хохлова Л. О., старший лаборант кафедри інтегрованих технологій зварювання та моделювання конструкцій.

8 співробітників кафедри інтегрованих технологій зварювання та моделювання конструкцій:

Бриков М.М. – професор кафедри інтегрованих технологій зварювання та моделювання конструкцій, д-р техн. наук, професор;
Нетребко В.В. – професор кафедри інтегрованих технологій зварювання та моделювання конструкцій, д-р техн. наук, професор;
Лаптева Г.М. – доцент кафедри інтегрованих технологій зварювання та моделювання конструкцій, канд. техн. наук, доцент;
Осіпов М.Ю. – доцент кафедри інтегрованих технологій зварювання та моделювання конструкцій, канд. техн. наук, доцент;
Білоник І.М. – доцент кафедри інтегрованих технологій зварювання та моделювання конструкцій, канд. техн. наук, доцент;
Бережний С.П. – доцент кафедри інтегрованих технологій зварювання та моделювання конструкцій, канд. техн. наук, доцент;
Савонов Ю. М. – доцент кафедри інтегрованих технологій зварювання та моделювання конструкцій, канд. техн. наук, доцент;
Бовкун С. А. – старший викладач кафедри інтегрованих технологій зварювання та моделювання конструкцій;

4 запрошених:

Петрик І.А. – головний зварник АТ «Мотор Січ», канд. техн. наук;
Шаломєєв В.А. – проректор з наукової роботи, доктор технічних наук, професор;
Ткач Д.В. – доцент кафедри фізичного матеріалознавства, канд. техн. наук, доцент;

Куликовський Р.А. – проректор з науково-педагогічної роботи та питань перспектив розвитку університету, канд. техн. наук, доцент;

ПОРЯДОК ДЕННИЙ

1. Про попередній розгляд дисертації аспіранта кафедри інтегрованих технологій зварювання та моделювання конструкцій Чигілейчика Сергія Леонідовича на тему: «Забезпечення механічних властивостей об'ємних виробів із жароміцних нікелевих сплавів, отриманих адитивним мікроплазмовим наплавленням для виробництва деталей авіаційних двигунів» (науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент Р. А. Куликовський).

СЛУХАЛИ: Доповідь аспіранта С.Л. Чигілейчика по завершенню дисертаційної роботи.

ПИТАННЯ: Під час обговорення учасники засідання поставили доповідачу 8 запитань.

Шаломєєв В.А.: Яку фракцію/розмір та сферичність порошоків можна отримати при різних способах виготовлення?

Чигілейчик С.Л.: При відцентровій плазмовій атомізації розмір фракції порошку досягається за допомогою різної швидкості обертання, отже при одержанні порошку атомізацією струменем аргону вихід необхідної фракції 30 %. Необхідна фракція порошку для процесу мікроплазмового наплавлення 60...163 мкм. Для процесу відцентрової плазмової атомізації необхідний розмір порошоків досягається за рахунок підбору оптимальної швидкості обертання циліндричної заготовки, що розпилюється. Краща сферичність спостерігається при плазмово-відцентровому розпиленні – близько 98 %. Розпилення гарячим струменем дає сферичність близько 95 %, розпилення холодним струменем – близько 80 %.

Шаломєєв В.А.: Де який порошок був виготовлений?

Чигілейчик С.Л.: Відцентрована плазмова атомізація – закордонське підприємство «Мультифлекс», газова атомізація порошку холодним струменем аргону виконувалась на УкрНІІспецсталі, а гарячом струменем – Delloro Stelite (виробництво США).

Нетребко В. В.: Ви розглядали властивості у поздовжньому та поперечному напрямку при вирощуванні зразків. Питання – де вказана норма згідно ТУ для поздовжнього та поперечного напрямів, вона одна чи ні?

Чигілейчик С.Л.: Технічні умови на сплав регламентують необхідне значення механічних властивостей. І в незалежності від напрямку зразків (чи поздовжньому, чи поперечному) необхідні механічні властивості мають бути забезпечені при вирощуванні.

Білоник І.М.: Анізотропія присутня?

Чигілейчик С.Л.: Анізотропія присутня. При цьому в поздовжньому напрямку маємо менші значення показників механічних властивостей, але вони відповідають вимогам ТУ.

Нетребко В. В.: Ви використовуєте гранульовані порошки. Як утворюються при цьому зерна у вирощених заготовках?

Чигілейчик С.Л.: При адитивному вирощуванні методом мікроплазмового наплавлення відбувається повне розплавлення порошку на кшталт лиття.

Бережний С.П.: Повністю чи фрагментарно розплавлюється порошок?

Чигілейчик С.Л.: При даному методі вирощування порошок розплавляється повністю, і ми отримуємо структуру аналогічну до структури одержаної у процесі лиття.

Нетребко В. В.: Ви розглядаєте проміжні напруження при проведенні наплавлення. Потім у вас є термічна обробка. Вона повністю знімає всі напруження. Навіщо проводити дослідження проміжних напружень, якщо подальшою термообробкою вони знімається?

Чигілейчик С.Л.: Тому що проміжні напруження, що виникають після наплавлення можуть привести до виникнення тріщин та незворотних деформацій (короблення виробу) ще до проведення термічної обробки.

Ткач Д.: Чому при другому методі виготовлення порошку (атомізація струменем холодного аргону) при вирощуванні з'являються тріщини?

Чигілейчик С.Л.: Поява тріщин при багат шаровому наплавленні відбувається в результаті дії залишкової термічної напруги та наявності концентраторів напруги у виді лінійних ділянок скупчення пор довжиною 2-3 мм. Лінійні ділянки скупчення пор є наслідком наявних пор у порошку, утворення яких притаманно для порошку №2, що отриманий атомізацією холодного струменя інертного газу.

ВИСТУПИЛИ: Науковий керівник, кандидат технічних наук, доцент Р.А. Куликовський, який відзначив, що дисертаційна робота Чигілейчика Сергія Леонідовича виконана на високому науково-технічному рівні, характеризується системним підходом, глибоким аналізом та комплексністю вирішення поставлених завдань на всіх етапах дослідницького процесу — від постановки наукового завдання до впровадження отриманих результатів у виробництво. Робота побудована логічно, системно та демонструє ґрунтовну підготовку здобувача як у теоретичній, так і в прикладній частині. зварювання. Базується на поєднанні експериментальних досліджень, сучасного комп'ютерного моделювання та виробничої апробації запропонованих підходів. Зміст дослідження охоплює повний цикл вивчення процесу отримання об'ємних заготовок із жароміцних нікелевих сплавів методом адитивного мікроплазмового наплавлення — від аналізу вихідної сировини до оптимізації параметрів технологічного процесу та впровадження результатів у виробництво.

Науковий керівник відзначив, що тема роботи є надзвичайно актуальною і відповідає сучасним тенденціям розвитку технологій виробництва деталей авіаційних двигунів, має очевидну науково-практичну значущість та перспективи подальшого розвитку. Було підкреслено, науковий рівень дисертації, обґрунтованість висновків, логіка викладення матеріалу, відповідність термінології, правильність побудови моделі дослідження, наявність виробничих

впровадженнь, а також чітка мова викладу роботи – усі ці характеристики повною мірою відповідають вимогам, що висуваються до дисертаційних досліджень, поданих на здобуття ступеня доктора філософії.

Дисертаційна робота Чигілейчика Сергія Леонідовича відповідає тематиці та науково-кваліфікаційним вимогам спеціальності 132 – Матеріалознавство, є завершеним самостійним дослідженням, а її автор заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії. Роботу рекомендовано допустити до публічного захисту в разовій вченій раді.

Капустян О. Є. – відзначив актуальність поставленої проблеми, високий рівень роботи та глибоке теоретичне опрацювання питань, що досліджено в дисертації. Окремо було відзначено практичну значущість отриманих результатів. Позитивно охарактеризовано повноту публікацій та впровадження результатів дисертаційного дослідження.

УХВАЛИЛИ: Прийняти такий висновок щодо дисертаційної роботи С.Л. Чигілейчика.

ВИСНОВОК

наукового семінару кафедри інтегрованих технологій зварювання та моделювання конструкцій інженерно-фізичного факультету НУ «Запорізька політехніка» про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації «Забезпечення механічних властивостей об'ємних виробів із жароміцних нікелевих сплавів, отриманих адитивним мікроплазмовим наплавленням для виробництва деталей авіаційних двигунів» (науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент Р. А. Куликовський).» здобувача ступеня доктора філософії Сергія ЧИГІЛЕЙЧИКА за спеціальністю 132 «Матеріалознавство» (галузь знань 13 Механічна інженерія).

Актуальність роботи. Адитивне виробництво (АВ) в останні роки стало одним із найбільш перспективних напрямків розвитку світового виробництва. Серед основних переваг цієї технології можна відзначити, що завдяки автоматизованому комп'ютерному управлінню з'являється можливість пошарового виготовлення нового виробу або відновлення пошкодженої частини виробу після експлуатації за її тривимірною 3D-моделлю. За такої умови значно скорочуються час і витрати на отримання нового виробу за рахунок виключення проміжних стадій виготовлення оснащення і пресформ. Це дасть можливість дослідної реалізації конструкторського проекту (при проектуванні нових виробів або доопрацювання з метою покращення характеристик наявних) з мінімальними витратами через 2–3 тижні [1]. У низці випадків допоможе виготовляти заготовки деталей за рахунок відносно високого КВМ та із суттєвим позитивним економічним ефектом в серійному виробництві.

Створення і ремонт деталей, що входять до соплових апаратів, жарових труб і камер згоряння з жароміцних нікелевих сплавів (ЭП648ВИ і ВЖ98ВИ) для деталей авіаційних двигунів (АД), нині дороговартісні через дві причини: висока

вартість і трудомісткість технологічних процесів, а також висока вартість матеріалів та низька ефективність їх використання.

Адитивні технології, які активно розвивається в останні роки при виготовленні нового виробу або відтворенні його пошкодженої частини, спрямовані, по-перше, на зменшення кількості операцій за рахунок виключення проміжних стадій виготовлення оснащення та пресформ, а по-друге, на економію матеріалу, що витрачається на таке виробництво, за рахунок відносно високого коефіцієнту витрати матеріалу (КВМ).

З економічної точки зору заміна традиційних технологій, таких як кування та лиття, на адитивні при виготовленні вузлів АД забезпечить значне зниження витрат на їх виготовлення. Водночас для впровадження в серійне виробництво адитивних технологій, окрім того, що необхідно визначити рівень фізико-механічних і службових властивостей вирощених заготовок, а по-друге, треба розробити оціночні критерії і створити на їх основі методики, за якими можна прогнозувати рівень властивостей залежно від різних конструктивних, металургійних і технологічних факторів.

Для впровадження в серійне виробництво адитивних технологій головна умова, щоб заготовки, вирощені за рівнем фізико-механічних і службових властивостей, не поступалися за характеристиками заготовкам, які отримані методами лиття та кування. Тому актуальним є не тільки визначення рівня фізико-механічних властивостей заготовок, що вирощені методом мікроплазмового порошкового наплавлення (МПН), а й розроблення конструктивних, металургійних та технологічних підходів, спрямованих на підвищення властивостей міцності та службових властивостей. Для цього потрібно розробити оціночні критерії та створити на їх основі методики, за якими можна прогнозувати рівень властивостей залежно від різних конструктивних металургійних і технологічних факторів.

Мета роботи – дослідити закономірності впливу характеристики порошків жаростійких нікелевих сплавів, умови їх мікроплазмового наплавлення на структуру та визначити властивості отриманих зразків, на основі яких розробити технологію адитивного виробництва об'ємних заготовок, що за фізико-механічними характеристикам відповідатимуть вимогам до експлуатації деталей соплових апаратів, жарових труб та камер згоряння авіаційних двигунів (АД).

Об'єкт дослідження – процес адитивного мікроплазмового порошкового наплавлення жароміцних нікелевих сплавів.

Предмет дослідження – формування об'ємних виробів із нікелевих жаростійких сплавів при заданих механічних властивостях, що відповідають вимогам до умов експлуатації соплових апаратів, жарових труб та камер згоряння авіаційних двигунів.

Для досягнення вказаної мети в роботі поставлено такі завдання:

1. Проаналізувати та визначити вплив фракційного, хімічного складу, зокрема на вміст кисню та азоту, наявність дефектів (газової пористості) в порошках із жаростійких сплавів на особливості формування структури й механічних властивостей наплавленого металу та на підставі цього сформулювати

технічні вимоги до порошкових матеріалів, що використовується для адитивного мікроплазмового наплавлення.

2. Провести числовий аналіз впливу технологічних факторів наплавлення методом МПН на напружено-деформований стан у процесі пошарового нарощування та на його основі розробити рекомендації щодо вибору оптимальних режимів вирощування об'ємних заготовок із нікелевих жаростійких сплавів.

3. Визначити закономірності керування формою наплавленого валика, розробити технологічні критерії вибору режимів адитивного багат шарового мікроплазмового порошкового наплавлення для адитивних технологій 3D-вирощування.

4. Установити оптимальні режими адитивного мікроплазмового наплавлення об'ємних зразків із нікелевих жаростійких сплавів, що забезпечать належний рівень фізико-механічних властивостей матеріалів деталей гарячого тракту ГТД; розробити й впровадити промислові технології 3D-друку заготовок соплових апаратів, жарових труб та камер згоряння авіаційних двигунів.

Методи дослідження. Оцінка впливу різних факторів на формування структури і механічних властивостей наплавленого металу та оптимізація технологічних параметрів режимів багат шарового наплавлення методом МПН при адитивному вирощуванні виконувалась шляхом проведення різноманітних експериментів із вирощуванням дослідних зразків та їх повне комплексне дослідження з визначенням механічних властивостей.

Аналіз термодформаційних процесів при адитивному мікроплазмовому порошковому наплавленні жароміцних нікелевих сплавів проводився з використанням методу скінченних елементів, заснований на припущенні, що тіло можна подати у вигляді набору елементів, з'єднаних один із одним тільки у вузлах. Зв'язок вузлових зусиль із вузовими переміщеннями задається за допомогою матриці жорсткості елемента. Об'єднання матриць жорсткості окремих елементів у глобальну матрицю жорсткості тіла дозволяє записати умови рівноваги тіла. При заданих навантаженнях або переміщеннях розв'язання системи рівнянь рівноваги дає змогу знайти всі вузлові зусилля, а за ними – напруження і переміщення в межах кожного елемента. Дослідження супроводжувалися комп'ютерним моделюванням у середовищі Ansys Mechanical. Розроблені дві скінчено-елементні моделі з'єднань для визначення температурних полів, напружень, деформацій і переміщень з урахуванням особливостей технологічних схем наплавлення мікроплазмово-порошковим способом шарів за двома типами траєкторій «змійка» і «зигзаг». Визначено, що за траєкторією «зигзаг», на відміну від траєкторії «змійка», на діаграмах у поперечному перерізі маємо нерівномірний розподіл температур у поперечному розрізі, особливо це спостерігається посередині наплавленого валика, де зниження температур відбувається до 300-400, що призводить до несплавлення між валиками в корені. Ефективність та надійність розроблених моделей підтверджена промисловими випробуваннями.

Наукова новизна отриманих результатів.

Наукова новизна роботи.

У роботі проведено комплекс теоретичних і експериментальних досліджень, спрямованих на забезпечення механічних та службових властивостей жароміцних нікелевих сплавів при плазмовому вирощуванні заготовок, необхідних для експлуатації соплових апаратів, жарових труб та камер згоряння авіаційних двигунів (АД). Наукова новизна отриманих результатів дослідження:

1. Отримано подальший розвиток уявлення про вплив способу виготовлення порошків із жаростійких сплавів на фізико-механічні властивості наплавлених зразків, а саме, на прикладі сплаву ЭП648ВИ встановлено, що використання порошків, отриманих газовим розпиленням розплаву інертним газом, на відміну від відцентрового плазмового розпилення циліндричних заготовок, для адитивного мікроплазмового наплавлення, у яких спостерігається внутрішня аргонова пористість, приводить до суттєвого падіння характеристик міцності та пластичності, унаслідок утворення лінійних ділянок скупчення пор довжиною приблизно 2–3 мм та тріщин, що виникають під час вирощування.

2. Уперше встановлено, що в порошку зі сплаву ЭП-648ВИ при вмісті азоту в кількості $[N] \geq 0,03$ ваг. % або кисню $[O] \geq 0,02$ ваг. % у наплавленому металі при температурі 1100°C фіксується значне зниження його деформаційної здатності ($\epsilon \leq 3,8$ %), що під впливом термічних напружень призводить до виникнення гарячих тріщин, а, як наслідок, у поздовжньому напрямі ми бачимо значне падіння властивостей міцності та пластичності.

3. Уперше встановлено критерій максимального вмісту азоту та кисню в порошку зі сплаву ЭП-648ВИ, який використовують для адитивного мікроплазмового наплавлення, з погляду забезпечення необхідних вимог до механічних властивостей деталей соплових апаратів, жарових труб та камер згоряння авіаційних двигунів, а саме: $[N] \leq 0,03$ ваг. %, або кисню у $[O] \leq 0,02$ ваг. %.

4. На основі отриманих результатів моделювання теплових процесів та параметрів напружено-деформованого стану під час адитивного мікроплазмово-порошкового наплавлення вперше запропонована оптимальна технологічна схема вирощування об'ємних зразків за траєкторією «змійка», яка за рахунок рівномірного розподілу температур по всіх шарах забезпечує гарантоване сплавлення між валиками по всьому перерізу вирощеної заготовки.

5. Уперше встановлено, що в об'ємних виробів із порошку сплаву ЭП-648ВИ, отриманих адитивним мікроплазмовим наплавленням за траєкторією «зигзаг» спостерігається у поздовжньому напрямі більш ніж удвічі падіння властивостей міцності (що значно поступається технічним вимогам до поковок та лиття), пластичні властивості практично відсутні; при цьому механічні властивості зразків одержаних за траєкторією «змійка», мають достатньо високий рівень і відповідають вимогам до матеріалів деталей гарячого тракту газотурбінних двигунів.

Практичне значення одержаних результатів полягає у формуванні технічних вимог до порошку, що використовується при адитивній технології на основі мікроплазмового порошкового наплавлення. Це дозволяє ще на стадії

вхідного контролю порошку запобігти при вирощуванні заготовок виникненню гарячих тріщин. Також розроблена методика моделювання поширове теплових процесів під час мікроплазмово-порошкового наплавлення із застосуванням сучасного програмного комплексу для СЕМ процесів зварювання та наплавлення, яка допоможе на стадії нагрівання та охолодження виробу визначати параметри напружено-деформованого стану та забезпечить віртуальне моделювання процесів наплавлення для заданих параметрів і різних траєкторій наплавлення. Це дозволить обрати оптимальну схему технологічного процесу мікроплазмово-порошкового наплавлення. Результати роботи впроваджені у виробництво на підприємствах АТ «Мотор Січ» та АТ «Івченко-Прогрес» як при ремонті, так і при виготовленні нових заготовок. Зокрема під час ремонту кожуха соплового апарата (СА) двигуна Д18Т (акт упровадження – дивитись додаток 1), при виготовленні заготовок зовнішнього кільця жарової труби зі сплаву ХН60ВТ-ВИ у складі двигуна АІ-450 (акт упровадження – дивитись додаток 2) та кільця зі сплаву ХН50ВМТЮБ-ВИ, що входить до складу турбіни двигуна АІ-222 (акт упровадження – дивитись додаток 3).

Особистий внесок здобувача. Результати теоретичних і експериментальних досліджень, що представлені до захисту, отримані автором самостійно. У роботах, опублікованих у співавторстві, особистий внесок здобувача такий: обґрунтовано та доведено вплив способу виготовлення порошку та його якості на властивості вирощених заготовок, сформовано перелік вимог до порошку та розроблено комп'ютерну модель для дослідження визначення параметрів напружено-деформованого стану в процесі багатошарового наплавлення та забезпечення віртуального моделювання процесів наплавлення для заданих параметрів і різних траєкторій наплавлення.

Апробація результатів дисертації. Результати наукових досліджень апробовані на XXVI Міжнародному конгресі двигунобудівників у Національному аерокосмічному університеті (Харків, 2021); Міжнародній конференції «Функціональні матеріали в енергетиці» (FMIE-2023) в ІМФ ім. Г. В. Курдюмова НАН України, XXIX Міжнародному конгресі двигунобудівників у Національному аерокосмічному університеті (Харків, 2024).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 14 наукових праць: 8 статей у фахових виданнях України, з яких 1 стаття у виданні, включеному до Міжнародної наукометричної бази даних SCOPUS; 6 тез доповідей на міжнародних наукових конференціях.

УХВАЛИЛИ: з урахуванням зазначеного, на розширеному засіданні кафедри інтегрованих технологій зварювання та моделювання конструкцій НУ «Запорізька політехніка».

Дисертація Сергія ЧИГІЛЕЙЧИКА «Забезпечення механічних властивостей об'ємних виробів із жароміцних нікелевих сплавів, отриманих адитивним мікроплазмовим наплавленням для виробництва деталей авіаційних двигунів» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано актуальну важливу проблему, пов'язану із забезпеченням високих механічних властивостей деталей авіаційних двигунів, отриманих методом адитивного мікроплазмового наплавлення. Це

дослідження має безпосередній зв'язок із потребами сучасного авіаційного двигунобудування, особливо у сфері серійного виробництва та ремонту деталей гарячого тракту двигунів, які зазнають значних навантажень і працюють у жорстких умовах експлуатації.

У 8 наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, з них 8 статті у наукових фахових виданнях України; 1 стаття у виданні України, яке входить до міжнародної наукометричної бази.

Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44).

З урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Сергія ЧИГІЛЕЙЧИКА дисертація ««Забезпечення механічних властивостей об'ємних виробів із жароміцних нікелевих сплавів, отриманих адитивним мікроплазмовим наплавленням для виробництва деталей авіаційних двигунів» рекомендується для подання до розгляду та захисту у спеціалізованій вченій раді.

Присутні на розширеному засіданні кафедри інтегрованих технологій зварювання та моделювання конструкцій Національного університету «Запорозька політехніка» подають вченій раді закладу пропозицію, щодо кандидатур до складу разової ради для розгляду та захисту дисертаційної роботи Сергія Чигілейчика у такому складі:

Голова ради: ПАВЛЕНКО Дмитро Вікторович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри технології авіаційних двигунів Національного університету «Запорізька політехніка»;

Опоненти:

КВАСНИЦЬКИЙ Віктор Вячеславович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри зварювального виробництва Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" (м. Київ);

ЗВЯГІНЦЕВА Ганна Віталіївна, д-р техн. наук, старший науковий співробітник інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона (м. Київ);

Рецензенти:

ТКАЧ Дар'я Володимирівна - канд. техн. наук, доцентка, доцентка кафедри фізичного матеріалознавства Національного університету «Запорізька політехніка»;

ГЛОТКА Олександр Анатолійович, канд. техн. наук, доцент кафедри фізичного матеріалознавства Національного університету «Запорізька політехніка».

Результати голосування: за рекомендацію голосування дисертації Чигілейчика Сергія Леонідовича на тему: «Забезпечення механічних властивостей об'ємних виробів із жароміцних нікелевих сплавів, отриманих

адитивним мікроплазмовим наплавленням для виробництва деталей авіаційних двигунів» до захисту - , проти - 0, утримались - 0.

Головуючий на засіданні,
завідувач кафедри
інтегрованих технологій зварювання та
моделювання конструкцій
кандидат технічних наук, доцент



Олексій КАПУСТЯН

Секретар,
старший лаборант кафедри
інтегрованих технологій зварювання та
моделювання конструкцій



Лариса ХОХЛОВА