

ЗАТВЕРДЖЕНО

Голова Приймальної комісії

НУ «Запорізька політехніка»

проф. Віктор ГРЕШТА

«28» березня 2025 р.



ПРОГРАМА

вступного іспиту зі спеціальності G10 – Металургія для вступників на освітньо-науковий ступінь доктор філософії (PhD)

Програму вступного випробування до аспірантури зі спеціальності G10 «Металургія» розроблено в обсязі програми рівня вищої освіти магістра з даної спеціальності та для осіб, що здобули рівень магістра за іншими спеціальностями, і передбачає перевірку набуття ними компетентностей та результатів навчання, що визначені стандартом вищої освіти зі спеціальності G10 Металургія для другого (магістерського) рівня вищої освіти. Вступники до аспірантури повинні продемонструвати здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у металургії та ливарному виробництві, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог. Вступники повинні підтвердити знання з фундаментальних природничих та прикладних наук в обсязі, необхідному для опанування професійних дисциплін та використання математичних методів при плануванні експериментів; сучасні уявлення про існуючі сплави та методи їх плавлення, технологічні способи впливу на метал для забезпечення необхідного комплексу експлуатаційних властивостей; знання в галузі сучасних металургійних та ливарних технологій. Рівень знань, умінь і навичок вступників до аспірантури оцінюється балами відповідно до критеріїв оцінювання.

ПРОВЕДЕННЯ ІСПИТУ

Вступний іспит зі спеціальності G10 – Металургія для вступників освітньо-наукового ступеня доктор філософії (PhD) проводиться у вигляді тесту. Вступний іспит проводиться очно, в приміщеннях університету. У виняткових випадках, іспит може проводитися у дистанційному форматі, з використанням інформаційного сервісу Системи дистанційного навчання НУ «Запорізька політехніка» (для вступників, які зареєстровані та знаходяться на тимчасово-окупованій території – за зверненням вступника). При використанні дистанційного формату проведення іспиту, обов'язковою є процедура ідентифікації вступника та відеофіксації іспиту.

Використання вступником будь-яких додаткових матеріалів, довідників, електронних пристроїв та ресурсів, допомоги сторонніх осіб під час складання іспиту не допускається.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ

Оцінювання знань вступників відбувається за 100-бальною шкалою, або ухвалюється рішення про негативну оцінку вступника «незадовільно».

Іспит складається з 40 питань, вірна відповідь на кожне з яких оцінюється в 2,5 бали.

Тест може проводитись як з використанням паперових носіїв, так і з використанням комп'ютера в Системі дистанційного навчання НУ «Запорізька політехніка». Якщо робота виконується на паперовому носії, питання, в яких зазначено більше однієї відповіді, оцінюються в 0 балів (окрім випадків, коли одна з відмічених відповідей на запитання акуратно закреслена вступником, а інша зазначена акуратно та чітко).

Усі попередні кроки та міркування, що приводять до відповіді на питання, можуть виконуватися вступником на чернетці, та не беруться до уваги при оцінюванні роботи.

ЗМІСТ ПРОГРАМИ ІСПИТУ

При підготовці завдань вступного іспиту зі спеціальності комісія виділила такі основні розділи з переліком тем:

1. Сучасні сплави, їх властивості, плавка. Виробництво литих виробів.

Властивості рідких металів: температура та теплота плавлення, температура та теплота випаровування, густина та питомий об'єм. Електричні та теплові властивості. Кінетика процесів, вплив тиску та температури.

Взаємодія розплавів з газами. Взаємодія рідких металів з воднем, киснем та азотом. Вплив газів на властивості металу та виливків. Методи визначення вмісту газів у рідких та твердих металах і способи дегазації.

Гідравлічні процеси, витікання рідкого металу з ковша та його рух каналами та порожниною ливарної форми. Рідкотекучість металів. Затримання неметалевих вкраплень.

Кристалізаційні процеси. Передкристалізаційний стан металів та сплавів. Термодинамічна теорія кристалізації. Гомогенне та гетерогенне утворення зародків кристалізації. Швидкість утворення зародків та швидкість їх зростання. Послідовна та об'ємна кристалізації. Дендритна та зональна ліквідації. Неметалічні вкраплення у виливках. Методи регулювання кристалізаційних процесів. Модифікування сплавів. Вплив різних фізичних явищ на процеси кристалізації.

Твердіння виливків. Вплив конфігурації та технологічних факторів на твердіння виливків. Приведена товщина стінки виливка, безрозмірні критерії твердіння. Розрахунок часу твердіння та охолодження виливків у ливарних формах.

Регулювання теплових процесів у формі. Розрахунок розмірів зовнішніх та внутрішніх холодильників. Моделювання процесу твердіння виливків на ЕОМ.

Усадкові явища. Лінійна та об'ємна усадки. Утворення усадкових дефектів у виливках. Розрахунок об'єму усадкових дефектів. Надливи та методи поліпшення їх роботи. Методи визначення необхідних розмірів надливів.

Тимчасові та залишкові напруження у виливках. Розрахунок механічних та термічних напружень. Жолоблення виливків та його запобігання. Утворення

тріщин у виливках. Визначення схильності металу до утворення тріщин.

Якість та надійність виливків. Шляхи підвищення якості та надійності виливків, покращання економічних показників ливарного виробництва та екологічної безпеки.

Чавунне литво

Характеристика чавуну як конструкційного ливарного матеріалу. Номенклатура чавунів, що використовують для виготовлення виливків. Основні ознаки експлуатаційних та ливарних властивостей чавунів.

Особливості технологічного процесу виготовлення виливків з чавуну. Зв'язок механічних властивостей виливків з чавуну з його хімічним складом та швидкістю охолодження.

Графітизація та структуроутворення чавунів. Теорія кристалізації чавуну за стабільною і метастабільною системами. Сучасні уявлення щодо кристалізації та формоутворення графіту. Вплив складу, фізичних та фізико-механічних факторів на структуроутворення і графітизацію чавуну.

Вплив перегрівання, витримування та швидкості охолодження. Структурні діаграми для чавунів. Механічні властивості чавунів з різною формою графіту. Вплив масштабного фактору на механічні властивості чавуну.

Технологічні властивості чавунів. Характеристика, методи дослідження та оцінки параметрів технологічних властивостей чавунів: рідкотекучості, лінійної усадки, схильності до ліквідації і тріщиноутворення. Зв'язок ливарних властивостей з процесами кристалізації та графітоутворення.

Сірий чавун з пластинчастим графітом, його технологічні та механічні властивості.

Чавун з кулястим графітом. Галузі використання. Класифікація сфероїдизувальних модифікаторів. Методи сфероїдизувального модифікування. Ливарні властивості чавуну з кулястим графітом.

Виливки чавуну з вермикулярним графітом. Властивості чавуну та його класифікація. Технологічні особливості виробництва виливків із чавуну з вермикулярним графітом.

Ковкий чавун. Галузі використання. Хімічний склад та властивості ковкого чавуну. Технологічні особливості виробництва виливків і термічного оброблення.

Синтетичний чавун. Технологічні особливості виробництва із нього виливків. Леговані чавуни. Основні легувальні компоненти та їх вплив на структуроутворення чавуну.

Жаростійкий, корозійностійкий, зносостійкий та антифрикційний чавуни.

Модифікування чавуну. Теоретичні основи модифікування. Модифікувальні присадки.

Шихтові матеріали для плавлення чавунів. Ливарні, переробні, рафіновані та природно леговані чавуни. Феросплави та лігатури, що використовують у чавуноливарному виробництві. Вороття власного виробництва. Металевий брухт та його класифікація. Флюси. Призначення флюсів. Паливо для плавлення чавуну.

Вимоги до палива. Технологічні особливості плавлення у коксових, коксогазових та газових вагранках. Технологічні особливості плавлення в індукційних та електродугових печах. Позапічні методи оброблення чавуну.

Рафінування, десульфурація, електрошлакове оброблення чавуну. Контроль якості виливків. виправлення дефектів. Термічне оброблення чавунних виливків.

Сталеве литво

Переваги та недоліки сталевих виливків перед чавунними, а також перед кованими та штампованими заготівками.

Класифікація сталевих виливків. Службові та технологічні властивості литих сталей. Особливості рідкотекучості, кристалізації та усадки сталей різного хімічного складу. Вплив фізико-хімічних властивостей рідкого металу та ливарних форм на вміст газів та неметалевих вкраплень у сталевих виливках.

Особливості ліквідації та утворення гарячих тріщин у стальних виливках. Властивості сталей при низьких, підвищених та високих температурах. Вплив структури на механічні та службові характеристики сталевих виливків.

Вуглецеві сталі з низьким, середнім та високим вмістом вуглецю. Властивості та галузі їх використання.

Основи легування литих сталей. Механізм впливу легувальних та

модифікувальних елементів на властивості сталі. Загальна характеристика легувальних та модифікувальних елементів.

Високолеговані сталі для виливків із спеціальними властивостями. Спеціальні властивості сталей та сталевих виливків.

Формувальні та стрижневі суміші для сталевих виливків. Фізико-хімічні та технологічні особливості плавлення вуглецевих та легованих сталей у дугових та індукційних печах. Особливості основного та кислого процесу плавлення литих сталей. Фізико-хімічні процеси в сталеплавильній ванні.

Макро-, мікролегування та модифікування сталей. Особливості введення легувальних та модифікувальних присадок у рідкий метал.

Розкислення, десульфуріяція та дефосфорування сталей.

Позапічне оброблення сталі. Десульфуріяція, розкислення та модифікування сталей у ковші. Оброблення сталей синтетичними шлаками, суспензійними присадками, нейтральними газами тощо.

Вакуумна металургія під час виробництва виливків зі складнолегованих сталей.

Суспензійне лиття.

Спеціальна електрометалургія для виробництва сталевих виливків.

Особливості технології виготовлення сталевих виливків. Розрахунок ливникових систем. Визначення місць установлення надливів, холодильників та визначення їх розмірів. Особливості заливання форм та температурних режимів під час виробництва сталевих виливків.

Дефекти сталевих виливків, їх класифікація та попередження.

Особливості фінішних операцій при виробництві сталевих виливків.

Термічна обробка сталевих виливків.

Алюмінієві сплави.

Фізико-хімічні властивості та галузі застосування. Принципи легування. Промислові марки ливарних та деформованих сплавів. Печі для плавлення алюмінієвих сплавів. Рафінування та модифікування. Характеристика формувальних та стрижневих сумішей. Особливості ливникових систем для лиття

у разові форми. Застосування зернистих та рідких флюсів. Застосування вакууму. Кристалізація під тиском. Особливості фінішних операцій. Контроль виливків та виправлення дефектів. Термічне оброблення виливків. Особливості технології виготовлення виливків литтям у кокіль, під тиском, під низьким тиском. Механізація та автоматизація процесів заливання форм та вилучення виливків. Технічні та економічні підстави, що обумовлюють вибір способу виробництва виливків із алюмінієвих сплавів. Галузі застосування різних способів лиття.

Магнієві сплави.

Промислові марки ливарних та деформованих сплавів, їх склад, фізико-механічні та ливарні властивості, галузь застосування. Печі для плавлення. Особливості технології плавлення магнієвих сплавів. Рафінування та модифікування. Способи, що запобігають горінню сплавів. Лиття у разові форми. Характеристика формувальних та стрижневих сумішей. Особливості ливникових систем. Застосування зернистих фільтрів і холодильників. Лиття способом послідовної кристалізації. Особливості фінішних операцій. Особливості лиття в кокіль, під тиском, під низьким тиском. Контроль якості виливків. Виправлення дефектів. Хімічне та термічне оброблення виливків. Техніко-економічні підстави, що обумовлюють вибір способу виробництва виливків.

Мідні сплави.

Промислові марки ливарних та деформованих сплавів, їх властивості та галузі застосування. Печі та особливості технології плавлення, рафінування та модифікування сплавів. Лиття в разові форми. Характеристика формувальних та стрижневих сумішей. Особливості ливникових систем. Особливості технології лиття. Застосування зернистих фільтрів та вакууму. Надливи, їх розміщення та розміри. Застосування холодильників. Особливості фінішних операцій. Особливості технології виготовлення виливків з мідних сплавів литтям у кокіль, під тиском, відцентровим способом, рідким штампуванням. Контроль якості виливків. Виправлення дефектів зварюванням.

Нікелеві сплави. Промислові марки ливарних та деформованих сплавів, їх властивості та галузі застосування. Причини легування. Печі та технологія

плавлення, рафінування та модифікування сплавів. Лиття в разові форми: особливості формувальних і стрижневих сумішей, способи захисту виливків від пригару. Особливості заливання форм та фінішні операції.

Титанові сплави. Промислові марки ливарних та деформованих сплавів, їх склад, властивості та галузі використання. Печі та технологія плавлення. Особливості лиття в разові форми. Застосування відцентрових сил при заливанні форм. Особливості технології лиття в оболонкові і графітові форми.

Тугоплавкі метали. Фізико-хімічні та технологічні властивості. Особливості технології виплавлення і лиття.

2. Сучасні металургійні та ливарні технології

Технологічні вимоги до формувальних матеріалів. Фізико-хімічні, механічні та технологічні властивості формувальних та стрижневих сумішей.

Методи регулювання та визначення властивостей сумішей. Кварцові піски, їх характеристика, класифікація і методи випробувань. Формувальні глини, їх мінералогічний склад. Класифікація. Фактори, що визначають зв'язувальні властивості глин. Зв'язувальні матеріали, вимоги до їх, класифікація. Органічні і неорганічні зв'язувальні компоненти, які тверднуть при нормальних температурах. Вибір зв'язувальних матеріалів для різних технологій.

Протипригарні матеріали. Протипригарні добавки для формувальних сумішей, фарби, пасти, їх властивості, вибір, склад та технологія використання.

Вимоги до формувальних та стрижневих сумішей на різних етапах виготовлення виливків. Критерії вибору формувальних сумішей при розробленні ливарної технології.

Теоретичні основи зміцнення формувальних сумішей при формуванні у вогкі і сухі форми.

Холоднотвердіючі формувальні суміші (ХТС), їх класифікація залежно від зв'язувального компонента і затверджувача; переваги та недоліки. Теоретичні основи зміцнення ХТС з синтетичними смолами, способи їх твердіння та регулювання. Теоретичні основи зміцнення ХТС з рідким склом з різними затверджувачами, їх переваги та недоліки. Перспективи використання ХТС з

металофосфатними композиціями, їх зміцнення, переваги та недоліки, галузі використання.

Способи виготовлення стрижнів, зміцнення в контакт з нагрітою оснасткою. Фізико-хімічні процеси одержання рідких самотвердіючих сумішей, їх види, способи зміцнення та галузі використання.

Реологічні властивості формувальних сумішей. Основні параметри, їх вимірювання і зв'язок з фізико-механічними і технологічними властивостями.

Теоретичні та технологічні основи приготування формувальних сумішей із заданими властивостями. Способи змішування, послідовність добавки компонентів у змішувачі та контроль якості приготування сумішей.

Технологічні основи використання оборотних формувальних сумішей. Регенерація оборотних формувальних сумішей, її необхідність та способи. Властивості регенерату, і їх контроль.

Класифікація модельних комплектів, вибір матеріалів для їх виготовлення. Методика і послідовність розроблення технологічного креслення для виготовлення модельного комплекту (в т.ч. і з допомогою ЕОМ). Методика розрахунку на ЕОМ елементів ливарної технології, оптимізації технології, складання технологічних карт. Уніфікація та нормалізація виготовлення модельних заготовок. Технологія виготовлення металевих та пластмасових модельних комплектів, способи їх кріплення на модельних плитах. Способи підвищення точності та чистоти поверхні модельних компонентів із різних матеріалів.

Теоретичні основи ущільнення формувальних та стрижневих сумішей при різних способах. Аналіз операцій технологічного процесу виготовлення форм з позицій їх механізації та автоматизації. Вибір способу машинного формування залежно від серійності, конструкції литої деталі, її розмірів, вимог. Розвиток та вдосконалення способів ущільнення форм пресуванням. Теоретичні основи ущільнення форм імпульсним формуванням та його особливості.

Вакуумне формування, його особливості, переваги та недоліки. Способи ущільнення форм та виконання інших операцій формування на автоматичних

лініях. Вибір способу виготовлення стрижня у залежності від його складності, вимоги та інші фактори.

Методи виготовлення стрижнів, їх особливості, переваги та недоліки. Техніко-економічні критерії вибору технології виготовлення стрижнів.

Способи забезпечення точного складання та скріплення форм. Теоретичні основи вибору часу тверднення та охолодження виливка у формі і температури вибивання.

Способи руйнування форм на вибивальних установках. Способи вибивання стрижнів із виливків залежно від суміші, характеру виробництва. Удосконалення способів очищення і оброблення виливків.

Основні дефекти виливків з вини форми, причини їх появи та способи попередження.

Класифікація та галузі використання спеціальних способів лиття.

Лиття в кокіль. Галузі використання. Особливості формування виливків під час лиття у кокіль чорних та кольорових сплавів. Основні типи кокілів та установок. Особливості підготовки форм під час лиття у кокіль. Підведення металу та живлення виливків. Основні види дефектів кокільного литва і методи їх запобігання. Лиття в облицьовані кокілі.

Лиття під тиском. Галузі застосування. Особливості кристалізації і формування виливків під час лиття під тиском. Лиття під низьким тиском та з протитиском. Лиття методом вижимання.

Лиття за моделями, що витоплюються. Галузі застосування. Технологічний процес виробництва моделей та форм. Формувальні матеріали. Ливникові системи. Підготовка форм до заливання. Особливості ведення плавки.

Відцентрове лиття. Гідродинамічні особливості відцентрового лиття. Особливості кристалізації виливків під дією відцентрових сил. Теплоізоляційні покриття виливниць, методи їх нанесення. Флюси, що застосовуються під час виробництва литва відцентровим литтям та їх призначення.

Безперервне лиття. Теоретичні основи безперервного лиття, його переваги та недоліки.

Інші види лиття: Електрошлакове лиття, лиття за моделями, що витоплюються, в оболонкові форми, вакуумним всмоктуванням, тощо. Особливості кожного процесу.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бялік Г.А. Теорія ливарних сплавів / Г.А. Бялік, В.В. Наумик, В.В. Луньов, А.В. Пархоменко [навчальний посібник]. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2013. – 156 с.
2. Бялік Г.А. Практикум з теорії ливарних сплавів та процесів / Г.А. Бялік, В.В. Наумик, Е.І. Цивірко, О.Ф. Кузовов, В.В. Луньов [навчальний посібник]. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2013. – 98 с.
3. Шульте Ю.А. Производство отливок из стали. –Київ-Донецк, Вища школа, 1983. –184 с.
4. Ливарні властивості металів і сплавів для прецизійного лиття: підручник для вищих учбових закладів/ В.О.Богуслаєв, С.І.Репях, В.Г. Могилатенко [та ін.]; під ред. С.І. Репяха та В.Г. 4 Могилатенка; 2-е вид. доп. та доопр. – Запоріжжя: АТ «МОТОР СІЧ», 2016. – 474 с.
5. Тверднення металів і металевих композицій: підручник для вищих навчальних закладів / В.О. Лейбензон, В.Л. Пілюшенко, В.М.Кондратенко, В.Є. Хричиков [та ін.]. – 2-е вид., доопр. – Київ: Науково-виробниче підприємство «Видавництво «Наукова думка» НАН України, 2009. – 447 с.
6. Стальное литье: Монография /Г.Е.Федоров, М.М.Ямшинский, Е.А. Платонов, Р.В. Лютий. – К.: НТУУ «КПИ», ПАО «Випол», 2013. – 896 с.
7. Лютий Р.В., Гурія І.М. Формувальні матеріали [Текст] : підручник для студ. спеціальності 136 «Металургія», освітньої програми «Комп'ютеризовані процеси лиття» / Р.В. Лютий, І.М. Гурія ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 258 с.
8. Технологія ливарного виробництва [Текст] : навч. посібник для студ. вищих навч. закл., які навчаються за напрямком 0904 "Металургія" / Г. Г. Корицький [и др.]. - Донецьк : ДонНТУ, 2008. - 176 с.

9. Виробництво виливків [Текст] : підручник / О. Л. Голубенко [та ін.] ; Східноукраїнський національний ун-т ім. Володимира Даля, Магдебурзький ун-т ім. Отто-фон-Гюріке. - Луганськ : СХУ ім.В.Даля, 2009. - 328 с.

10. Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва [Текст] : навч. посіб. / А. М. Верховлюк, А. В. Нарівський, В. Г. Могилатенко ; за ред. акад. НАН України В. Л. Найдека ; НАН України, Фіз.-технол. ін-т металів та сплавів. - Київ : Вініченко, 2016. - 223 с.

Затверджено на засіданні фахової
атестаційної комісії з проведення
вступного іспиту зі спеціальності G10
«Металургія» для вступників на освітньо-
науковий ступінь доктор філософії
«28» березня 2025 р.

Голова комісії



Валерій ІВАНОВ