



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни

ТЕОРІЯ ФОРМУВАННЯ ВИЛИВКІВ

Шифр та назва спеціальності

131 – Прикладна механіка

Інститут

ННІ Механічної інженерії та транспорту

Освітня програма

Моделювання технічних систем

Кафедра

Ливарного виробництва (142)

Рівень освіти

Бакалавр

Тип дисципліни

Вибіркова.

Семестр

8

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Пономаренко Ольга Іванівна,

Olha.Ponomarenko@khpі.edu.ua

доктор технічних наук, професор кафедри ливарного виробництва НТУ «ХПІ»

Досвід роботи – 35 років. автор більш ніж 380 науково- та навчально-методичних праць, з них 20 навчально-методичного характеру, 8 методичних посібників з грифом Міносвіти України, 1 підручник, 3 монографії та 17 авторських свідоцтв і патентів.

Курси: «Формувальні матеріали та суміші», «Робочі процеси сучасних виробництв», «Фізико-хімічні основи ливарного виробництва», «Ресурсозберігаючі технології та плавка сплавів зі спеціальними властивостями», «Конструювання литих виробів та оснащення», «Адитивні технології у ливарному виробництві»

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

У курсі лекцій розглянуто формування виливків на базі принципів, методів та засобів фундаментальних та технічних наук представлено фізичні процеси, які відбуваються при формуванні виливку від моменту заповнення металом форми, її кристалізації, затвердінні до моменту повного охолодження виливки та шляхи керування ними. Зроблено практичні виводи, направленні на обґрунтуванні ливарної технології отримання в виробничих умовах якісних виливок. Проведено розрахунок технологічних параметрів, які б дозволяли отримувати виливки необхідної якості.

Мета та цілі дисципліни

Мета курсу –дати студентам теоретичні основи формування виливок, систематизувати знання про основні процеси, які протікають в формі при заливці її металом, затвердінні та охолодженні виливок і на основі їх аналізу зробити теоретичні та практичні висновки, які направлені на обґрунтуванні ливарної технології отримання в виробничих умовах якісних виливок.

В рамках курсу студенту потрібно знати:

- фізичні процеси, які відбуваються при формуванні виливки від моменту заповнення металом форми, її кристалізації, затвердінні до моменту повного охолодження виливки та шляхи керування ними;
- обґрунтувати вибір ливарної технології та провести розрахунок технологічних параметрів, які б дозволяли отримувати виливки необхідної якості;
- ознайомитись з новими розробками в сфері формування виливок, нанотехнологіями та інформаційним їх забезпеченням.

Формат занять

Лекції, практичні роботи, самостійна робота, розрахунково-графічне завдання, консультації. Підсумковий контроль – залік.

Компетентності

ЗК01 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

ЗК02 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності

ЗК04 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях

ЗК07 Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями

ЗК12 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел

ФК01 Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки.

ФК02 Здатність робити оцінки параметрів працездатності матеріалів, конструкцій і машин в експлуатаційних умовах та знаходити відповідні рішення для забезпечення заданого рівня надійності конструкцій і процесів, в тому числі і за наявності деякої невизначеності.

ФК09 Здатність представлення результатів своєї інженерної діяльності з дотриманням загальноприйнятих норм і стандартів.

Результати навчання

РН02 Використовувати знання теоретичних основ механіки рідин і газів, теплотехніки та електротехніки для вирішення професійних завдань.

РН09 Знати та розуміти суміжні галузі (механіку рідин і газів, теплотехніку, електротехніку, електроніку) і вміти виявляти міждисциплінарні зв'язки прикладної механіки на рівні, необхідному для виконання інших вимог освітньої програми.

РН15 Враховувати при прийнятті рішень основні фактори техногенного впливу на навколишнє середовище і основні методи захисту довкілля, охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 120 год. (4 кредита ECTS): лекції – 20 год., практичні заняття – 20 год., самостійна робота –80 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Для успішного проходження курсу необхідно мати знання та практичні навички з наступних дисциплін: «Хімія», «Технологія конструкційних матеріалів та прикладне матеріалознавство», «Формувальні матеріали та суміші», «Теоретичні основи теплотехніки», «Гідравліка», «Теплообмін у ливарній формі», «Основи теорії ливарних сплавів».



Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій. На практичних та лабораторних заняттях використовується проєктний підхід до навчання, ігрові методи, акцентується увага на застосуванні інформаційних технологій в галузі формувальних матеріалів і сумішей. Навчальні матеріали доступні студентам через OneNote Class Notebook..

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Вступ. Значення та задачі дисципліни. Література. Взаємозв'язок фізичних процеси, які відбуваються при формуванні виливки від моменту заповнення металом форми, її кристалізації, затвердінні до моменту повного охолодження виливки та шляхи керування ними.

Загальні поняття про ливарну форму.

Предмет формувальних матеріалів та їх роль в одержанні якісних виливок. Вплив формувальних сумішей на підвищення якості відливок і зменшення припусків на механічну обробку. Історія вчення про формувальні матеріали і роль вчених на розвиток теоретичних основ формування фізико-механічних і технологічних властивостей формувальних сумішей. Вихідні формувальні матеріали.

Тема 1. Теплофізичні властивості матеріалів і методи дослідження теплових процесів у виливках і формах

Теплофізичні властивості матеріалів, які використовуються для виробництва виливків. Експериментальні методи і результати досліджень охолодження металу в процесі течії та в заповненій формі. Теплові процеси в системі метал-форма. Рівняння теплопередачі Фур'є, диференціальне рівняння теплопровідності Фур'є-Кірхгофа, закон Ньютона, рівняння теплопровідності Фур'є.

Тема 2. Процес твердіння і охолодження металу у ливарній формі.

Методи визначення швидкості і часу твердіння виливків. Математичний розрахунок процесу твердіння (метод Карслоу-Ягеру, за Нейманом, за Латфутом, за Шварцом, за Хворіновим, за І.Вейніком.

Наближені методи розрахунку процесу твердіння. Напівемпіричні методи (Ш гр..). Графічні методи. Метод кінцевих різниць Шмідта. Номограми. Діаграми Гіршовича, П.Н.Новікова.

Чисельні методи: метод Дуссінберра. Сутність аналогових методів: метод В.С.Лук'янова, Л.І.Гутенмахера.

Застосування техніки моделювання. Експериментальне вивчення методу процесу твердіння. Оцінювання окремих методів.

Тема 3. Охолодження виливків у формі.

Вплив конфігурації виливка і технологічних факторів на затвердіння. Закон квадратного кореню для наведеної товщини. Вплив ступеню перегріву на тривалість затвердіння виливків. Вплив форми виливків на тривалість твердіння виливків. Інженерні методи розрахунку затвердіння виливків.

Охолодження виливка у формі. Формула Б.Кнорре для чавунних виливків. Взаємодія виливка з формою, етапи взаємодії. Регулювання теплових процесів. Методи прискорення процесу охолодження виливка.

Охолодження виливка в сухій піщано-глинистій формі. Теплообмін потоку розплаву з формою. Зміна температури по довжині потоку розплаву й форми в довгому (нескінченному) каналі до його зупинки й у короткому каналі в часі. Відвід теплоти перегріву, затвердіння й наступне охолодження виливка із чистих металів, евтектичних сплавів, сплавів, що утворюють тверді розчини, евтектикосодержащих сплавів. Постановка завдання, що спрощують допущення. Методи й приклади розрахунку охолодження у формі виливків у вигляді простих геометричних тіл



(плити, стрижня із квадратним і круглим перетином, порожнього стрижня, кулі). Вплив конфігурації й кривизни поверхні виливка на її охолодження. Конвекція рідкого металу в затвердіваючому виливці і її вплив на температурне поле й теплообмін.

Розгляд зазначених завдань для форм: сирий піщано-глинистої (з додаванням розрахунку товщини чотирьох зон у формі до моменту утворення кірки навколо виливка: висушеної паротворення, зволоженої, вихідної), двошарової, металевої.

Регулювання процесу теплообміну виливка й форми.

Тема 4. Процеси у формі під час заливання і охолодженні виливка.

Механічні напруження у формі. Кінетична енергія руху розплаву. Удар струї у форму. Вимоги до властивостей форми під час заливання і охолодження.

Навантаження металу на стрижні. Визначення сили тиску на стрижні у статиці і динаміці. Технологічні розрахунки, визначення маси вантажу, що встановлюється на форму, опорної площадки й довжини знаків, кількості жереб'єк. Деформація порожнини форми під навантаженням металу, що заливають, вплив роздуття форм на розміри і масу виливка, розташування чорнової бази механічної обробки і геометрію обробленого виливка.

Тема 5. Вивчення процесів, які виникають у виливці при їх затвердженні і охолодженні.

Газові явища у формі під час процесу формування виливка.

Виділення газів. Фактори які впливають на інтенсивність виділення газів у формі. Розрахунок об'єму газів, що виділились. Вплив складу сумішей і технологічних факторів на інтенсивність виділення газів.

Проникнення газів у розплав. Вплив гідростатичного тиску рідкого металу, краевого кута змочування і поверхневого натягу на механізм формування і впровадження газової пухирця у розплав. Умови утворення газових раковин. Газу у металах і виділення газів із затверділого виливка. Джерела газів. Закон Сівертса. Заходи по зменшенню газів у виливках. Ситоподібна пористість. Причини її виникнення. Методи її знищення.

Тема №6. Процеси на поверхні контакту метал-форма. Процеси на поверхні контакту метал-форма. Напружений стан поверхневого шару піщаних форм і механізм утворення ужимин. Фактори, що сприяють і заважають відшаруванню поверхневого шару форми і стрижня. Міри, що запобігають утворенню ужимини.

Процес утворення хімічного і механічного пригару на поверхні виливка та фактори, які впливають на неї. Методи оцінювання якості поверхні виливка. Запобігання пригара і способи одержання поверхні виливка заданої якості. Вплив первинних та вторинних властивостей і факторів зовнішнього тиску на утворення пригару.

Тема 7. Процеси у металі при твердінні і охолодженні.

Визначення поняття усадки. Усадка виливків. Фізична природа усадки сплавів. Усадка сплавів в рідкому стані, при твердінні, у твердому стані. Процеси при вільній і утрудненій усадці. Усадочні раковини і пористість виливків. Механізм утворення. Теоретичне оцінювання розмірів усадочних раковин і пористості. Вплив зовнішніх сил на вид і місце розташування усадочної раковини й пористості. Об'ємна й послідовна кристалізація. Вплив на характер і величину усадочних пороків типу діаграм стану сплаву хімічного складу металу, теплофізичних властивостей і твердості форми, температури заливки.

Рівномірне і направлене твердіння. Способи реалізації в області застосування рівномірного й спрямованого затвердіння. Живлення виливка, конструкція, раціональна форма і розрахунок кількості та об'єму надливів. Примусове формування усадочної порожнини у потрібному місці і заданої геометрії.

Тема 8 Напруження, деформації і тріщини у виливках.

Силова взаємодія затверділого виливка і форми. Реологічні властивості сплавів в інтервалі кристалізації. Утворення гарячих тріщин. Оцінка гарячеламкості сплавів і тріщинотривкості виливків. Способи запобігання гарячих тріщин.



Температурні напруги в період охолодження симетричної й несиметричної разностених виливків. Формування залишкових напруг і деформації. Фазові напруги. Вплив різних факторів на залишкові напруги. Утворення холодних тріщин у виливках. Методи вимірювання залишкових напружень і жолоблення. Шляхи зменшення напружень. Способи стабілізації розмірів, натурально і штучне старіння.

Тема 9. Ливарна гідравліка

Процес заповнення форми металом. Основи ливарної гідравліки. Конструкція і розрахунок ливникових систем. Час заливання форми. Розрахунок часу заповнення форми за умови збереження металу до кінця процесу деякого заданого перегріву. Поняття про середню й початкову витрату. Розрахунок розмірів перетинів елементів, що забезпечують заповнення форми в заданий час. Розрахунок і конструкція ливникових систем для виливків із чавуну, сталі, кольорових сплавів. Гідравлічні основи конструювання ливникових систем: співвідношення площ перетину елементів, що усували розрядження в потоці металу, уловлювання шлаків.

Особливості конструкцій ливникових систем в умовах автоматизованого заливання зі застосуванням буферної чаши.

Теми практичних занять

Тема 1. Розрахунок часу затверджування (часу витримки виливків у піщано-глинистій формі) за діаграмою П.Новікова.

Тема 2. Методи і приклади розрахунку охолодження у формі виливків.

Тема 3. Технологічні розрахунки сили тиску металу на верхню півформу, на нижню півформу, сили тиску стрижня і металу на нижню півформу.

Тема 4. Розрахунок надливів.

Тема 5.. Розрахунок і конструкція ливникових систем для виливків із чавуну, сталі, кольорових сплавів.

Самостійна робота

Курс передбачає підготовку розрахункове завдання реферату за індивідуальною темою.

Етапи виконання розрахункове завдання:

1. Розрахунок часу затверджування (часу витримки виливків у піщано-глинистій формі) за діаграмою П.Новікова.

2. Розрахунок охолодження у формі виливка.

3. Розрахунок сили тиску металу на верхню півформу, на нижню півформу, сили тиску стрижня і металу на нижню пів форму

4. Розрахунок надливів.

5. Розрахунок і проектування конструкції ливникової системи для виливка із чавуну, сталі, кольорових сплавів.

Студентам також рекомендуються додаткові матеріали для самостійного вивчення та аналізу.

Література та навчальні матеріали

Основна література

1. Могилатенко В.Г. Теоретичні основи ливарного виробництва / В.Г. Могилатенко, О.І. Пономаренко, В.М. Дробязко, А.С. Кочешков, М.М. Ямшинський. – Харків: НТУ «ХПІ», 2011. – 260 с.

2. Теоретичні основи формування виливків [текст]: навч. посіб./Т.В.Лисенко, О.І.Пономаренко., В.П. Доценко [та ін.]. Харків: НТУ«ХПІ», 2014. – 180 с.

Додаткова література



Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

100% підсумкової оцінки складаються з результатів оцінювання у вигляді екзамену (40%) та поточного оцінювання (60%).

Екзамен: письмове завдання (3 запитання з теорії) та усна доповідь.

Поточне оцінювання: 2 модульні контрольні та Розрахунково-графічне завдання (по 20%).

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено

24.06.2024



Завідувач кафедри
Олег АКИМОВ

Гарант ОП
Ольга Пономаренко