



Теорія та процеси гарячого штампування в авіабудуванні

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Технології виробництва літальних апаратів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова (за вибором ВНЗ)</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, 7 семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>6,5 кредити ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., старший викладач Гараненко Тетяна Романівна, т. 068 860 51 43, tetiana.garanenko@gmail.com, @tetiana_garanenko_tvla</i>
Розміщення курсу	<i>https://mpm-rp.kpi.ua/</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей:

- визначати можливість виготовлення заданих деталей методами гарячого штампування;
- розробляти раціональні технології виготовлення виковів у відповідності до заданої серійності виробництва;
- виконувати необхідні технологічні розрахунки;
- здійснювати вибір раціональних конструкцій штампового оснащення;
- виконувати необхідні конструкторські розрахунки;
- аналізувати матеріали, конструкції та процеси на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки;
- 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;
- проводити технологічну і техніко-економічну оцінку ефективності використання нових технологій і технічних засобів;
- здійснювати оптимальний вибір технологічного обладнання, комплектацію технічних комплексів, мати базові уявлення про правила їх експлуатації;
- використовувати аналітичні та чисельні математичні методи для вирішення задач прикладної механіки;

- застосовувати комп'ютеризовані системи проектування (CAD), виробництва (CAM), інженерних досліджень (CAE) та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань з прикладної механіки;
- представлення результатів своєї інженерної діяльності з дотриманням загальноприйнятих норм і стандартів;
- описувати та класифікувати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні основних механічних теорій та практик, а також базових знаннях суміжних наук;
- враховувати економічні та управлінські аспекти виробництва елементів та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки у професійній діяльності;
- призначати оптимальні матеріали для елементів конструкції авіаційної та ракетно-космічної техніки;
- розробляти і реалізовувати технологічні процеси виробництва елементів та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки;
- застосовувати нормативні положення системи стандартизації у авіабудуванні.

Студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- матеріалів (та їх властивостей), що використовуються для виготовлення деталей та конструкцій методами гарячого штампування;
- базових принципів побудови раціональних технологічних процесів виготовлення деталей методами гарячого штампування та правил виконання технологічних розрахунків;
- методики проектування штампового оснащення та виконання необхідних конструкторських розрахунків;

уміння:

- уміння визначати вид штампувального устаткування, на якому бажано штампувати вков на конкретну деталь;
- уміння призначати припуски, напуски і допуски на вков;
- уміння призначати допустимі і розраховувати технологічні температурні інтервали штампування вковів;
- уміння проектувати штампи для усіх видів штампувального устаткування;
- уміння призначати необхідні викінчувальні операції, а саме: обрізування облою, пробиття перемичок, калібрування, очищення від окалини, термооброблення;
- уміння вибирати типи і потужність устаткування для виконання викінчувальних операцій;
- уміння проектувати штампи для обрізування облою і пробиття перемичок.

досвід:

- застосування знань і умінь при розробці технологічних процесів гарячого штампування.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Навчальна дисципліни є базовим у підготовці фахівців кафедрою ТВЛА. Отримані знання та навички після засвоєння кредитного модуля використовуються при виконанні курсового проекту, при опануванні дисциплін «Теорія пластичної деформації», «Основи конструкції літальних апаратів», «Теорія та процеси заготівельно-штампувального виробництва», «Авіаційне матеріалознавство» та виконанні магістерських дисертаційних робіт.

3. Зміст навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні (комп'ютерний практикум)	СРС
Розділ 1. Загальні поняття та визначення					
<i>Тема 1. Методи та способи виготовлення деталей авіабудування</i>	17	6	4	3	8
Розділ 2. Термомеханічні режими штампування					
<i>Тема 2. Матеріали для гарячого штампування в авіабудуванні</i>	19	10	2	3	8
<i>Контрольна робота 1</i>	3	1	-	-	2
Разом за розділом 2	22	11	2	3	10
Розділ 3. Основи розробки технологічних процесів гарячого штампування					
<i>Тема 3. Виготовлення поковок/заготовок гарячим штампуванням в авіабудуванні</i>	72	18	12	12	22
<i>Контрольна робота 2</i>	3	1	-	-	2
Разом за розділом 3	75	19	12	12	24
<i>Екзамен</i>	36	-	-	-	36
Всього годин	150	36	18	18	78

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Кування і гаряче об'ємне штампування: Навчальний посібник / В.І. Носуленко. – Кропивницький: ПП "Ексклюзив Систем", 2018. – 224 с.
2. Дусанюк Ж.П., Сивак І.О., Дусанюк С.В., Репінський С.В. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 106 с.

Допоміжна

3. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок: Підручник. – Львів: Світ, 1996. – 368 с.
4. Точне гаряче штампування деталей ГТД. Монографія, Запоріжжя, АО «Мотор Сич», 2017, 563 с.
5. Интегрированное проектирование винтокрылых летательных аппаратов транспортной категории: учебник: в 3 ч. Под. ред. Т.Г. Кардаш, Харьков, «ХАИ», 2016.
6. Manufacturing Engineering & Technology, 7th Edition, ISBN 978-0-13-312874-1 by Serope Kalpakjian and Steven Schmid, published by Pearson Education, 2014.
7. Technologies, machines and devices for forging between four dies: monograph / V.A. Lazorkin, D.V. Lazorkin. – Zaporozhe: Status, 2019. – 347 с.

8. Теорія та практика обробки матеріалів тиском: монографія / В.О. Богуслаєв та ін.– Запоріжжя: Мотор Січ, 2016. – 521 с. 9.

Технологія кування: підручник для студ. вищих техн. навч. закладів / Л.М. Соколов та ін. – Краматорськ : ДДМА, 2011. – 268 с.

10. Технологія процесів обробки металів тиском: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальністю "Металургія" / В.А. Чубенко, А.А. Хіноцька. – Кривий Ріг : Видавець Чернявський Д.О., 2020. – 206 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Тема 1. Методи та способи виготовлення деталей авіабудування

Лекція 1. Роль пластичного деформування в виготовленні деталей авіабудуванні.

Лекція 2. Основні положення та особливості технологічного процесу виготовлення деталей авіабудуванні гарячим штампуванням.

Лекція 3. Особливості процесів гарячого штампування.

Тема 2. Матеріали для гарячого штампування в авіабудуванні

Лекція 4. Класифікація матеріалів. Властивості матеріалів.

Лекція 5. Моделі матеріалів. Властивості пластичності.

Лекція 6. Термомеханічні умови гарячої деформації.

Лекція 7. Рекристалізація і анізотропія властивостей.

Лекція 8. Особливості деформування жароміцних сплавів.

Тема 3. Виготовлення поковок/заготовок гарячим штампуванням в авіабудуванні

Лекція 9. Способи виготовлення поковок куванням.

Лекція 10. Способи виготовлення поковок штампуванням.

Лекція 11. Високошвидкісна штамповка.

Лекція 12. Багатопозиційна штамповка. Штамповка в роз'ємному інструменті.

Лекція 13. Особливості штампування на ГКМ.

Лекція 14. Висаджування на ГКМ. Отримання попередніх заготовок (фасоних).

Лекція 15. Вальцювання на кувальних вальцях.

Лекція 16. Протягування (періодичний прокат).

Лекція 17. Точна штамповка на спеціальному обладнанні. Ізотермічна штамповка.

Лекція 18. Штампування в умовах надпластичності.

Лекція 19. Зварювання під тиском. Порожнисті конструкції.

Лекція 20. Виготовлення заготовок лопаток компресора газотурбінних двигунів (ГТД).

Лекція 21. Напівгаряча штамповка. Штамповка шестерн.

Лекція 22. Штампування титанових сплавів пластифікованих воднем.

6. Лабораторні роботи

Лабораторні роботи направлені на закріплення отриманих студентами теоретичних знань та отримання практичних навичок дослідження основних технологічних процесів гарячого штампування та роботи з штамповим оснащенням.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1.	Дослідження силових параметрів і кінетики пластичного деформування при операціях відкритого і закритого прошивання. Література: [1], с. 62 -66; [2], с. 5 – 8.	3
2.	Дослідження впливу основних технологічних параметрів на інтенсивність і якість процесу протягування при куванні і штампуванні. Література: [1], с.53 - 58; [2], с. 9 – 12	3
3.	Дослідження особливостей кінетики пластичного деформування і	4

нерівномірності деформації при відкритому штампуванні і штампуванні витискуванням. Література: [1], с.87- 114, 175 -178; [2], с. 13 – 16.

- | | | |
|----|---|---|
| 4. | Дослідження силових параметрів відкритого штампування та впливу форми і параметрів облойних канавок на заповнюваність порожнин штампів різної складності і об'єм облою. Література: [1], с. 106 – 114. [2], с. 17 - 20. | 4 |
| 5. | Вивчення конструкції штампів кривошипного гарячештампувального пресу і порядку його налагоджування. : Література [1], с.168 – 173. [2], с. 21 - 25. | 4 |

7. Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять закріпити знання студентів щодо матеріалів та їх властивостей, базових принципів побудови раціональних технологічних процесів виготовлення методами гарячого штампування та правил виконання технологічних розрахунків, методики проектування штампового оснащення та виконання технологічних розрахунків.

№ з/п	Назва практичної роботи	Кількість ауд. годин
1.	Техніко-економічний аналіз вибору заготовок. Розроблення вихідних матеріалів на заготовки. Розроблення попередньої заготовки	2
2.	Розкрійний коефіцієнт та норма розходу. Технологічне та економічне співставлення можливих варіантів виготовлення викову на деталь	2
3.	Особливості визначення механічних властивостей матеріалів	2
4.	Розроблення технологічного процесу кування	2
5.	Розроблення технологічного процесу штампування	2
6.	Побудова епюри перерізів викову і розрахункової заготовки	2
7.	Забезпечення точності та якості гаряче штампованих деталей ГТД	2
8.	Розробка технологічних процесів з використанням комп'ютерного моделювання.	2
9.	Штампи. Їх стійкість і експлуатація	2

8. Самостійна робота студента/аспіранта

Виносяться наступні теми для самостійного опрацювання, як підготовка до аудиторних занять. Перелік тем наведено в таблиці.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань	Бали
1.	Характеристики усіх способів розроблення на заготовки. Література: [1], с.13 – 30.	4
2.	Можливі види браку виковів при недотриманні технологічних інтервалів. Література: [1], с. 31 – 45.	4
3.	Основні переваги і недоліки штампування на КГШП. Література: [1], с. 158 – 179.	4
4.	Сфери застосування закритого штампування. Література: [1], с. 180 – 182.	2
5.	Основні типи виковів, які доцільно штампувати на ГKM. Література: [1], с. 183 – 202.	4
6.	Типи виковів, які штампуються виключно на гвинтових і гідравлических пресах. Література: [1], с. 203 – 208.	3
7.	Трудомісткість викінчувальних операцій у порівнянні зі штампуванням. Література: [1], с.209 – 233.	3
8.	Як залежить конструкція штампів від серійності виробництва. Література: [1], с. 234 – 237	2
9.	Від чого залежить норма контролю виковів. Література: [1], с.238 – 240	2

9. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти проводиться на основі рейтингової системи. В основу рейтингової системи оцінювання (PCO) результатів навчання покладено поопераційний контроль за визначеними критеріями і накопичення рейтингових балів за різнобічну навчально-пізнавальну та практичну діяльність у процесі навчання. PCO передбачає оцінювання результатів навчальної діяльності впродовж семестру – проходження або виконання певних видів робіт, передбачених заходами поточного контролю. Результати поточного контролю регулярно заносяться викладачем у модуль «Поточний контроль» Електронного кампусу.

Календарний контроль проводиться два рази впродовж навчального семестру для визначення рівня відповідності поточних досягнень встановленим і визначеним в PCO критеріям. Результати календарного контролю заносяться викладачем у модуль «Календарний контроль» Електронного кампусу.

Оцінювання результатів навчання здійснюється за 100 бальною шкалою з подальшим переведенням до оцінок за університетською шкалою.

Якщо здобувач не проходив або не з'явився на контрольний захід його результат оцінюється у 0 балів.

Заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали PCO, а їх сума не може перевищувати 10% рейтингової шкали.

Штрафні бали передбачені тільки за несвоєчасний захист або несвоєчасне виконання індивідуального семестрового завдання. Присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті не оцінюється, в тому числі не нараховуються заохочувальні або штрафні бали.

Здобувач не допускається до семестрового контролю, якщо не виконав визначені PCO умови допуску. Семестровий контроль – екзамен, який проводиться згідно розкладу університету. Здобувач допускається до семестрового контролю, якщо має підсумковий рейтинг не менше 30 балів та виконав умови допуску до семестрового контролю, які визначені PCO.

Якщо здобувач виконав умови PCO щодо допуску до семестрового контролю, але має підсумковий рейтинг за семестр менше 30 балів або хоче підвищити оцінку, він виконує контрольну роботу (співбесіду) на останньому за розкладом аудиторному занятті, повинен виконати всі практичні та лабораторні роботи.

На екзамеційну контрольну роботу здобувач зобов'язаний надавати залікову книжку, або документ, що посвідчує особу. В іншому разі, здобувач до екзамеційної контрольної роботи не допускається.

10. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: опитування за темою заняття, МКР

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 30 балів.

PCO з дисципліни, семестровий контроль з якої передбачений у вигляді екзамену, включає оцінювання заходів поточного контролю впродовж семестру. Рейтингова оцінка здобувача складається з балів, отриманих здобувачем за результатами заходів поточного контролю, заохочувальних та штрафних балів.

$$PCO = 2(MKP) \times 5 + 10(\text{лаб.роботи}) + 30(\text{прак.роботи}) = 50$$

$PCO \geq 30$ - здобувач допускається до семестрового контролю (екзамен).

При проходженні семестрового контролю, рейтингова система визначається як сума заходів поточного контролю впродовж семестру та балів екзамену. Якщо оцінка за результатами співбесіди менша ніж за рейтингом, то попередній рейтинг скасовується і він отримує оцінку з урахуванням результатів співбесіди.

Заохочувальні бали:

1. Написання наукової статті згідно тематики дисципліни - 10;
2. Подання тез або матеріалів згідно тематики дисципліни до міжнародної науково-технічної конференції - 5;
3. Оформлення патенту згідно тематики дисципліни - 10;
4. Підготовка тем для самостійного опрацювання та зроблена доповідь (див. пункт 6)

Штрафні бали нараховується за не своєчасне виконання індивідуальної роботи – бали знижуються в двічі.

Дві одногодинкові письмові модульні контрольні роботи (МКР) проводяться з метою поточного контролю якості засвоєння здобувачем матеріалу по розділах дисципліни. МКР складається з двох питань. Кожне запитання оцінюється у 5 балів за такими критеріями:

- повна відповідь на питання (не менше 90% потрібної інформації) – 5 балів;
- достатньо повна відповідь на питання (не менше 75% потрібної інформації) або повна відповідь з незначними помилками – 4 балів;
- неповна відповідь на питання (не менше 60% потрібної інформації) та є помилки – 1-4 балів;
- не вірна відповідь на питання або здобувач не проходив, не з'явився на МКР– 0 балів.

Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю є значення поточного рейтингу здобувача не менше ніж 50 % від максимально можливого на час проведення такого контролю тобто - 1 календарний контроль ≥ 10 , 2 календарний контроль ≥ 30 .

Семестровий контроль проходить в формі співбесіди. Перелік запитань наведений у додатку до силабусу. $CK = 2(\text{запитання}) \times 25 + 50(PCO) = 100$

Кожне запитання оцінюється у 25 балів за такими критеріями:

- повна відповідь на питання (не менше 90% потрібної інформації) – 25 балів;
- достатньо повна відповідь на питання (не менше 75% потрібної інформації) або повна відповідь з незначними помилками – 19-24 балів;
- неповна відповідь на питання (не менше 60% потрібної інформації) та є помилки – 10-18 балів;
- не вірна відповідь на питання або здобувач не проходив, не з'явився на МКР– 0 балів.

Загальна сума балів отриманих здобувачем переводиться до оцінки згідно таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

11. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (додаток до силабусу);

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено к.т.н., старший викладач Гараненко Тетяна Романівна

Ухвалено кафедрою ТВЛА (протокол № 21 від 26.06.2024)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № 11 від 28.06.2024)

¹ Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.