



Інтенсифікація процесів листового штампування

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131- Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Технології виробництва літальних апаратів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс магістратури, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен</i>
Розклад занять	<i>1 лекція на тиждень</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>д.т.н., професор, Калужний Володимир Леонідович, kwl_2011@ukr.net</i> Практичні / Семінарські: <i>науковий ступінь, вчене звання, ПІБ, контактні дані</i> Лабораторні: <i>науковий ступінь, вчене звання, ПІБ, контактні дані</i>
Розміщення курсу	<i>https://ecampus.kpi.ua</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Розподіл навчальних годин дисципліни видами занять відповідно до навчального плану приведений в таблиці 1.

Таблиця 1

Кількість кредитів	Розподіл годин за видами занять			Кількість МКР	Семестрова атестація
	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття		
5	36	18	18	1	Екзамен

Обґрунтування вивчення дисципліни. Дисципліна необхідна для розширення і поглиблення знань студентів з лекційних курсів, які вивчалися за попередній період навчання, зокрема "Теорія пластичної деформації", "Теорія та процеси заготівельного виробництва", "Технологія холодного об'ємного штампування" та інших. Цей курс викладається студентами першого курсу магістратури.

Сучасні технології виробництва літальних апаратів ставить задачі підвищення продуктивності виготовлення виробів, зниження витрат металу, збільшення точності форми і розмірів виробів та зменшення енергозатрат. Що стосується виробів, які виготовляються листовим штампуванням, вказані задачі можна вирішити за рахунок інтенсифікації процесів листового штампування, що полягає в удосконаленні існуючих технологій і створенні нових технологій в наступних напрямках:

- підвищення продуктивності виготовлення виробів можна забезпечити завдяки зменшенню кількості переходів штампування та скороченню додаткових операцій після штампування;
- зниження витрат металу можна забезпечити завдяки використанню нових форм і розмірів вихідних заготовок або адаптованих вихідних заготовок, що найбільше підходять для штампування того чи іншого виробу, зменшенню припусків на подальшу обробку різанням або зовсім її виключенню;
- збільшення точності форми і розмірів виробів можна забезпечити за рахунок застосування деформуючого інструменту спеціального профілю;
- зменшення енерговитрат можна забезпечити завдяки скороченню кількості переходів штампування та зниженню силових режимів штампування, що дозволить застосовувати пресове обладнання меншого зусилля.

На процеси пластичного формоутворення конструкцій літальних апаратів листовим штампуванням впливають три групи параметрів: конструктивні параметри, технологічні параметри і фізико-механічні параметри.

До конструктивних параметрів відносять геометричну форму деформуючого інструменту - пуансонів, матриць та виштовхувачів. Форма інструменту разом з тертям при течії металу на контактуючих поверхнях в процесах пластичного формоутворення суттєво впливає на характер формозміни металу, його напружено-деформований стан, а також на силові режими штампування та величину і розподіл питомих зусиль на деформуючому інструменті. Кінцева форма і точність розмірів виробів, що отримані листовим штампуванням, також визначається деформуючим інструментом та конструкцією штампового оснащення.

До технологічних параметрів відноситься ступінь деформації, який є одним із основних параметрів, що визначають кількість переходів при

пластичному формоутворенні та силові режими штампування. Геометрична форма вихідної заготовки суттєво впливає на кількість переходів і силові режими пластичного формоутворення виробів. Швидкість деформування впливає на силові режими листового штампування та продуктивність виготовлення виробів. Також в процесах листового штампування має місце розвантаження металу за рахунок пружної деформації. Розвантаження впливає на точність форми і розмірів виробів і до теперішнього часу практично не враховувалося при проектуванні технологій. Тип змащення вихідних заготовок залежить від марки матеріалу та схеми операції штампування і суттєво впливає на силові режими формоутворення, розподіл питомих зусиль на деформуючому інструменті та його стійкість. При холодному пластичному формоутворенні виробів із малопластичних сталей і сплавів використовують дію протитиску на вільну від контакту з інструментом поверхню заготовки. Протитиск приводить до зростання пластичності металу, що деформується. Це дозволяє отримувати високоточні вироби із інструментальних і штампових сталей.

Фізико-механічні параметри. До вказаних параметрів належать дані про властивості металу вихідної заготовки. Це експериментальна діаграма істинних напружень, яка представляє собою залежність напруження текучості від ступеня деформації. Експериментальна діаграма пластичності (або діаграма руйнування) металу представляє собою залежність накопиченої інтенсивності деформацій зсуву від показника жорсткості схеми напруженого стану. Вона дозволяє визначати по напружено-деформованому стану розрахунковим шляхом ступінь використання ресурсу пластичності zdeформованого металу та встановлювати можливість руйнування його при листовому штампуванні. В теперішній час при моделюванні процесів листового штампування використовують пружно-пластичну модель металу. Для цього потрібні дані про модуль Юнга і коефіцієнт Пуассона металу вихідної заготовки.

Конструктивні, технологічні та фізико-механічні параметри обумовлюють схему напруженого стану і гідростатичний тиск в осередку деформації при пластичному формоутворенні, які, в свою чергу, є визначальними для зусилля деформування, розподілу питомих зусиль на штамповому оснащенні та технологічної пластичності металу (пластичність металу при виконанні тієї чи іншої операції листового штампування). По зусиллях деформування та роботі деформації вибирається ковальсько-пресове обладнання, а величини питомих зусиль дозволяють призначити матеріал для деформуючого інструменту, розрахувати його на міцність та прогнозувати стійкість. Кінцева геометрія виробу, зміцнення та ступінь використання ресурсу пластичності разом з пружною деформацією металу визначають якість виробів після пластичного формоутворення.

Удосконалення існуючих та розробку нових технологічних процесів листового штампування конструкцій літальних апаратів можна здійснювати двома шляхами. Перший шлях – проведення експериментальних досліджень для визначення вищевказаних трьох груп параметрів. Суттєвими недоліками цього шляху є: необхідність виготовлення експериментального штампового оснащення, що в теперішній час є дуже затратним процесом; проведення експериментальних робіт для виготовлення дослідних конструкцій, що потребує багато часу; необхідність уточнення параметрів пластичного формоутворення та допрацювання штампового оснащення, що потребує додаткових витрат та часу. Значні труднощі виникають при встановленні оптимальних параметрів для забезпечення мінімального зусилля пластичного формоутворення, мінімальної кількості переходів штампування або отримання потрібного пропрацювання структури металу пластичною деформацією та необхідних механічних властивостей здеформованого металу.

Вказані недоліки усуваються при використанні другого шляху встановлення трьох груп параметрів – теоретичного. За допомогою створення математичних моделей пластичного формоутворення конструкцій літальних апаратів з використанням теоретичних методів аналізу та проведення комп'ютерного моделювання. Такий підхід дозволяє виявляти конструктивні, технологічні та фізико-механічні параметри за короткий час, достатньо просто провести оптимізацію параметрів та практично виключити проведення виробничих випробувань розроблених технологічних процесів листового штампування.

Мета дисципліни: формування систематизованих знань у магістрів по способах і засобах інтенсифікації процесів листового штампування, аналізу та встановленню теоретичними методами раціональних або оптимальних конструктивних, технологічних та фізико-механічних параметрів таких процесів.

Об'єкт дисципліни: процеси листового штампування конструкцій літальних апаратів.

Предмет дисципліни: способи інтенсифікації процесів листового штампування та визначення конструктивних, технологічних та фізико-механічних параметрів для проектування технології таких процесів.

В результаті вивчення дисципліни магістри набувають наступні **знання по:**

– способах інтенсифікації процесів листового штампування, зокрема (втягування, обтиску, роздачі, відбортування) в напрямках підвищення продуктивності штампування виробів завдяки скороченню кількості переходів

- виготовлення, збільшення точності форми і розмірів виробів та зниження витрат металу і енергозатрат;
- методах створення математичних моделей таких процесів для розрахунків конструктивних, технологічних та фізико-механічних параметрів інтенсифікованих технологічних процесів листового штампування конструкцій літальних апаратів;
 - способах врахування основних факторів, які впливають при комп'ютерному моделюванні процесів листового штампування конструкцій літальних апаратів;
 - підходів для визначення можливості руйнування zdeформованого металу при листовому штампуванні;
 - способах і підходах конструювання штампового оснащення для інтенсифікації процесів листового штампування;
- Також магістри набувають **уміння**:
- обґрунтувати та вибрати спосіб інтенсифікації тієї чи іншої операції листового штампування;
 - створити, на основі існуючої схеми інтенсифікації, розрахункову схему, вибрати комп'ютерний метод для аналізу та створити математичну модель;
 - вибрати з великої кількості факторів, які впливають на процес листового штампування, що розглядається, основні фактори для врахування при комп'ютерному моделюванні;
 - аналізувати отримані в результаті моделювання конструктивні, технологічні та фізико-механічні параметри, вибрати раціональні чи оптимальні для проектування інтенсифікованої технології;
 - розробляти та проектувати конструкції штампового оснащення для реалізації інтенсифікованих технологічних процесів листового штампування конструкцій літальних апаратів.

Лабораторні роботи направлені на закріплення студентами теоретичних знань та отримання практичних навичок дослідження інтенсифікації процесів листового штампування конструкцій літальних апаратів.

Практичні заняття присвячені створенню на конкретних прикладах інтенсифікації процесів листового штампування математичних моделей та проведення визначення конструктивних, технологічних та фізико-механічних параметрів таких процесів з використанням одного із комп'ютерних методів розрахунку.

2. Зміст навчальної дисципліни

Вступ. Сутність інтенсифікації та критерії визначення ефективності листоштампувального виробництва. Основні напрямки інтенсифікації операцій листового штампування.

Розділ 1. Інтенсифікація процесів витягування вісесиметричних порожнистих виробів.

1.1. Витягування з диференційованим підпором фланця заготовки за допомогою рідини.

1.2. Підвищення продуктивності виготовлення порожнистих виробів в процесах комбінованого витягування.

1.3 Використання матриці спеціального профіля для зменшення кількості переходів витягування.

1.4. Витягування з потоншенням порожнистих заготовок.

Розділ 2. Інтенсифікація процесів обтиску вісесиметричних та профільних заготовок.

2.1. Обтиск трубчастих і порожнистих заготовок з дном із прикладанням протитиску за допомогою рідини на внутрішню поверхню заготовки.

2.2. Формоутворення обтиском виробів з горловиною в конусній матриці із диференційованим протитиском на внутрішню поверхню порожнистих заготовок з дном.

2.3. Обтиск з протитиском порожнистих заготовок з дном в сферичній матриці із забезпеченням здеформованої частини з постійною товщиною стінки.

2.4. Традиційний обтиск та обтиск з диференційованим протитиском трубчастих заготовок в сферичній матриці для отримання виробів з горловиною.

2.5. Використання матриці спеціального профіля для інтенсифікації процесів обтиску.

2.6. Відкритий та закритий обтиск у матриці спеціального профіля трубчастих заготовок із різною висотою.

2.7. Вплив кута конуса матриці спеціального профілю на закритий обтиск трубчастих заготовок.

Розділ 3. Інтенсифікація процесів відбортування круглих отворів.

3.1. Розроблення способу відбортування отворів у попередньо зпрофільованій заготовці.

3.2. Напружено-деформований стан заготовки та зусилля деформування при профілюванні листових заготовок холодним видавлюванням конусним пуансоном.

3.3. Напружено-деформований стан заготовки та зусилля деформування при відбортуванні конусним пуансоном круглих отворів у попередньо зпрофільованій заготовці.

3.4. Напружено-деформований стан заготовки та зусилля деформування при відбортуванні сферичним пуансоном круглих отворів у попередньо зпрофільованій заготовці.

3.5. Вплив коефіцієнта відбортуння на силові режими і якість виробів при відбортунні сферичним пуансоном отворів у традиційній та попередньо зпрофільованій заготовці.

3.6. Вплив геометричної форми пуансона на силові режими та якість виробів при відбортунні отворів у традиційній листовій заготовці.

3.7. Вплив радіуса заокруглення матриці на силові режими та формозміну металу при відбортунні сферичним пуансоном отворів у попередньо зпрофільованій заготовці.

3.8. Відбортуння з потоншенням отворів у попередньо зпрофільованій заготовці.

Розділ 4. Інтенсифікація процесів роздачі трубчастих заготовок.

4.1. Вплив кута конуса пуансона на силові режими та якість виробів при відкритій роздачі трубчастих заготовок.

4.2. Відкрита роздача конусним пуансоном трубчастих заготовок із різною відносною товщиною стінок.

4.3. Процеси роздачі трубчастих заготовок конусним пуансоном спеціального профілю.

4.4. Відкрита та закрита роздача трубчастих заготовок конусним пуансоном спеціального профілю.

4.5. Використання відкритої роздачі трубчастих заготовок для виготовлення виробів з двома фланцями.

4.6. Отримання фланця на заготовках, які відрізані із труби та виготовлені витягуванням листової заготовки з подальшим пробиванням дна.

4.7. Використання роздачі для отримання фланців на трубчастих заготовках, які розташовані під кутом до вісі заготовки.

4.8. Використання тиску рідини при холодному формоутворенні під кутом плоских фланців на трубчастих заготовках.

4.9. Збільшення коефіцієнта роздачі при деформуванні трубчастих заготовок в конусних напівматрицях під дією тиску рідини на внутрішню поверхню заготовки.

4.10. Вплив кута конусу напівматриці на формоутворення виробів при роздачі трубчастих заготовок з дією тиску рідини на внутрішню поверхню заготовки.

3. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література.

1. Калюжний В.Л., Калюжний О.В. Інтенсифікація листового штампування. Формоутворюючі процеси / В.Л. Калюжний, О.В. Калюжний. - Київ: НТУУ «КПІ» Вид-во «Політехніка». 2016. - 300 с.
2. Калюжний О.В., Калюжний В.Л. Інтенсифікація формоутворюючих процесів холодного листового штампування / О.В. Калюжний, В.Л. Калюжний. – К: ТОВ «Сік Груп Україна», 2015. - 292 с.
3. Ершов В.И., Глазков В.И., Каширин М.Ф. Совершенствование формоизменяющих операций листовой штамповки. / В.И. Ершов, В.И. Глазков, М.Ф. Каширин. - М. : Машиностроение, 1990г., - 312 с.

Додаткова література

1. Калюжний В.Л. Методичні вказівки до вирішення задач підвищеної складності з дисципліни «Чисельні методи аналізу процесів обробки металів тиском» з напряму підготовки 6.050502 – «Інженерна механіка», спеціальності – 7(8).05050203 «Обладнання і технології пластичного формування конструкцій машинобудування» [Електронний ресурс] / НТУУ «КПІ» ; уклад. В. Л. Калюжний. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,83 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2012. – 187 с. Доступ : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/6451>
2. Попов Е.А., Ковалев В.Г., Шубин И.Н. Технология и автоматизация листовой штамповки: Учебник для вузов / Е.А. Попов, В.Г. Ковалев, И.Н. Шубин. М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2000. - 400 с
3. П.С. Мирошников, В.Т. Денисов Повышение эффективности листоштамповочного производства. - М: Машиностроение, 1981г. - 152стр
4. Береснев Б.И., Езерский К.И., Трушин Е.В., Каменецкий Б.И. Высокие давления в современных технологиях обработки материалов / Б.И. Береснев, К.И. Езерский, Е.В. Трушин, Б.И. Каменецкий. - М. : Наука, 1988 г. - 245 с.

Навчальний контент

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекція 1.

Вступ. Сутність інтенсифікації та критерії визначення ефективності листоштампувального виробництва. Основні напрямки інтенсифікації операцій листового штампування.

Лекція 2.

Розділ 1. Інтенсифікація процесів витягування вісесиметричних порожнистих виробів.

1.1. Витягування з диференційованим підпором фланця заготовки за допомогою рідини.

1.1.1. Розроблення способу витягування з диференційованим підпором фланця заготовки за допомогою рідини.

1.1.2. Вплив величини диференційованого підпору фланця та відносної товщини заготовки на формоутворення виробів витягуванням.

1.1.3. Вплив величини диференційованого підпору фланця заготовки на коефіцієнт витягування за один перехід.

Лекція 3.

1.1.4. Напружено-деформований стан заготовки та зусилля деформування при витягуванні з диференційованим підпором фланця заготовки.

1.1.5. Вплив радіуса заокруглення пуансона спеціального профілю на витягування вісесиметричних виробів з листової заготовки із нержавіючої сталі

Лекція 4.

1.2. Підвищення продуктивності виготовлення порожнистих виробів в процесах комбінованого витягування.

1.2.1. Визначення оптимального кута верхнього конуса двохконусної матриці для комбінованого витягування.

1.2.2. Комбіноване витягування вісесиметричних порожнистих виробів із листових заготовок з різних матеріалів в двохконусній традиційній матриці та матриці спеціального профілю

Лекція 5.

1.3. Використання матриці спеціального профіля для зменшення кількості переходів витягування.

1.4. Витягування в багатоконусній матриці.

1.5. Вплив тертя на формоутворення вісесиметричних порожнистих виробів із сталі 10 комбінованим витягуванням в одноконусній матриці

Лекція 6.

1.6. Витягування з потоншенням порожнистих заготовок.

1.6.1. Витягування з потоншенням з прикладанням тягнучого зусилля за стінку заготовки.

1.6.2. Визначення параметрів витягування з потоншенням зпрофільованим пуансоном порожнистих заготовок після зворотного видавлювання.

1.6.3. Витягування з потоншенням сталевих порожнистих виробів.

Лекція 7.

Розділ 2. Інтенсифікація процесів обтиску вісесиметричних та профільних заготовок.

4.1. Обтиск трубчастих і порожнистих заготовок з дном із прикладанням протитиску за допомогою рідини на внутрішню поверхню заготовки.

2.2. Формоутворення обтиском виробів з горловиною в конусній матриці із диференційованим протитиском на внутрішню поверхню порожнистих заготовок з дном.

Лекція 8.

2.3. Обтиск з протитиском порожнистих заготовок з дном в сферичній матриці із забезпеченням здеформованої частини з постійною товщиною стінки.

2.4. Традиційний обтиск та обтиск з диференційованим протитиском трубчастих заготовок в сферичній матриці для отримання виробів з горловиною.

2.5. Використання матриці спеціального профіля для інтенсифікації процесів обтиску.

Лекція 9.

2.6. Відкритий та закритий обтиск у матриці спеціального профіля трубчастих заготовок із різною висотою.

2.7. Вплив кута конуса матриці спеціального профілю на закритий обтиск трубчастих заготовок.

Лекція 10.

2.8. Вплив радіуса заокруглення конусної матриці спеціального профіля на формоутворення та розміри виробів з горловиною при закритому обтиску трубчастих заготовок

Лекція 11.

Розділ 3. Інтенсифікація процесів відбортування круглих отворів.

3.1. Розроблення способу відбортування отворів у попередньо зпрофільованій заготовці.

3.2. Напружено-деформований стан заготовки та зусилля деформування при профілюванні листових заготовок холодним видавлюванням конусним пуансоном.

3.3. Напружено-деформований стан заготовки та зусилля деформування при відбортуванні конусним пуансоном круглих отворів у попередньо зпрофільованій заготовці.

Лекція 12.

3.4. Напружено-деформований стан заготовки та зусилля деформування при відбортуванні сферичним пуансоном круглих отворів у попередньо зпрофільованій заготовці.

3.5. Вплив коефіцієнта відбортуння на силові режими і якість виробів при відбортунні сферичним пуансоном отворів у традиційній та попередньо зпрофільованій заготовці.

Лекція 13.

3.6. Вплив геометричної форми пуансона на силові режими та якість виробів при відбортунні отворів у традиційній листовій заготовці.

Лекція 14.

3.7. Вплив радіуса заокруглення матриці на силові режими та формозміну металу при відбортунні сферичним пуансоном отворів у попередньо зпрофільованій заготовці.

3.8. Відбортуння з потоншенням отворів у попередньо зпрофільованій заготовці.

Лекція 15.

Розділ 4. Інтенсифікація процесів роздачі трубчастих заготовок.

4.1. Вплив кута конуса пуансона на силові режими та якість виробів при відкритій роздачі трубчастих заготовок.

4.2. Відкрита роздача конусним пуансоном трубчастих заготовок із різною відносною товщиною стінок.

Лекція 16.

4.3. Процеси роздачі трубчастих заготовок конусним пуансоном спеціального профілю.

4.4. Відкрита та закрита роздача трубчастих заготовок конусним пуансоном спеціального профілю.

Лекція 17.

4.5. Використання відкритої роздачі трубчастих заготовок для виготовлення виробів з двома фланцями.

4.6. Отримання фланця на заготовках, які відрізані із труби та виготовлені витягуванням листової заготовки з подальшим пробиванням дна.

4.7. Використання роздачі для отримання фланців на трубчастих заготовках, які розташовані під кутом до вісі заготовки.

Лекція 18.

4.8. Використання тиску рідини при холодному формоутворенні під кутом плоских фланців на трубчастих заготовках.

4.9. Збільшення коефіцієнта роздачі при деформуванні трубчастих заготовок в конусних напівматрицях під дією тиску рідини на внутрішню поверхню заготовки.

4.10. Вплив кута конусу напівматриці на формоутворення виробів при роздачі

трубчастих заготовок з дією тиску рідини на внутрішню поверхню заготовок

Модульна контрольна робота.

Для поточного контролю якості засвоєння матеріалу рекомендується проведення модульної контрольної роботи (МКР), яка складається з двох частин. Перша частина проводиться для перевірки засвоєння матеріалу 1 і 2 розділів, друга – для перевірки засвоєння матеріалу 3 та 4 розділів.

Завдання, які виносяться на першу частину МКР: схема інтенсифікації витягування з використанням підпору фланцю заготовки за допомогою рідини. Фактори, які впливають на такий процес витягування. Причини зменшення кількості переходів витягування. Конструкції штампів для витягування з підпором фланцю. Способи інтенсифікації процесів обтиску. Конструкції деформуючого інструменту для інтенсифікації.

Завдання, які виносяться на другу частину МКР: схеми інтенсифікації процесів відбортування отворів. Конструкції пуансонів для відбортування. Основні фактори, які впливають на процеси відбортування. Конструкції штампів послідовної для відбортування. Схеми інтенсифікації процесів роздачі трубчастих заготовок. Форми деформуючого інструменту для інтенсифікації процесів роздачі.

Лабораторні роботи.

Перелік лабораторних робіт та кількість часу, який на них виділяється, наведені в таблиці 2.

Таблиця 3

№ п/п	Назва лабораторної роботи (комп'ютерного практикуму)	К-ть Часу (год.)
1	2	3
1	<i>Лабораторна робота №1. "Витягування вісесиметричних порожнистих заготовок з листових заготовок та із диференційованим підпором фланцю заготовки за допомогою рідини."</i> Кожному студенту видається завдання (розміри та матеріал виробу, схема процесу витягування). Методом скінченних елементів необхідно провести моделювання з визначення параметрів для проектування технології. Провести аналіз отриманих результатів теоретичних досліджень та зробити висновки по роботі.	3

1	2	3
2	<p><i>Лабораторна робота № 2. "Порівняльний аналіз обтиску трубчастій заготовки в традиційній сферичній матриці і обтиску в сферичній матриці спеціального профілю".</i></p> <p>Кожному студенту видається завдання (схеми процесів обтиску з розмірами деформуєчого інструменту та вихідна трубчаста заготовка з розмірами).</p> <p>Проводиться на лабораторному пресовому обладнанні традиційний обтиск та обтиск в матриці спеціального профілю. Встановлюються розміри здеформованих заготовок до моменту втрати стійкості стінок заготовок при формоутворення. Встановлюються величини зусиль обтиску і кінцеві форма і розміри здеформованих заготовок.</p> <p>Проводиться аналіз отриманих результатів експериментальних досліджень та робляться висновки по роботі</p>	5
3	<p><i>Лабораторна робота №3. "Процеси відбортування отворів у традиційній заготовці та в заготовці спеціального профілю".</i></p> <p>Кожному студенту видається завдання (схема відбортування отвору у традиційній заготовці та у попередньо зпрофільованій заготовці).</p> <p>На лабораторному пресовому обладнанні проводиться відбортування традиційної заготовки та заготовки спеціального профілю з фіксацією зусилля відбортування та встановленням кінцевих форм і розмірів здеформованих заготовок.</p> <p>Проводиться аналіз отриманих результатів проведених досліджень та робляться висновки по роботі.</p>	5
4	<p><i>Лабораторна робота № 4. "Процеси роздачі трубчастих заготовок традиційним конусним пуансоном та конусним пуансоном спеціального профілю".</i></p> <p>Кожному студенту видається завдання (схеми процесів роздачі, традиційний конусний пуансон та конусний пуансон спеціального профілю, вихідні трубчасті заготовки з розмірами розмірами).</p> <p>На лабораторному пресовому обладнанні необхідно провести деформування заготовок вказаними пуансонами з фіксацією зусилля роздачі та кінцевих форм здеформованих заготовок в момент втрати стійкості стінок або появи видимих тріщин на торці.</p> <p>Проводиться аналіз отриманих результатів досліджень та робляться висновки по роботі</p>	5

Практичні заняття.

Для розширення та закріплення отриманих теоретичних знань по інтенсифікації листового штампування конструкцій літальних апаратів зі студентами проводяться практичні заняття.

Мета практичних занять – розроблення інженерних методик для визначення параметрів інтенсифікованих технологій листового штампування конструкцій літальних апаратів.

Сутність занять полягає в отриманні аналітичних залежностей для визначення параметрів процесів витягування, обтиску, відбортування та роздачі.

В таблиці 3 наведені теми практичних занять та кількість годин, які виділяються для їх проведення.

Таблиця 3

№ п/п	Тема проведення заняття	К-ть годин
1	2	3
1.	Напружено-деформований стан заготовки та зусилля деформування при витягуванні з диференційованим підпором фланця заготовки	4
2.	Напружено-деформований стан заготовки та зусилля деформування при комбінованому витягуванні через двохконусну матрицю	2
3.	Напружено-деформований стан заготовки та силові режими при обтиску із диференційованим протитиском в конусній матриці	2
4.	Напружено-деформований стан заготовки та силові режими при обтиску із диференційованим протитиском в матриці з криволінійною поверхнею	2
5.	Напружено-деформований стан заготовки та зусилля деформування при профілюванні листових заготовок холодним видавлюванням конусним пуансоном	2
6.	Аналіз процесу формоутворення отворів холодним видавлюванням двома конічними пуансонами	2
7.	Напружено-деформований стан заготовки та зусилля деформування при відбортуванні сферичним пуансоном круглих отворів у попередньо зпрофільованій заготовці	2
8.	Напружено-деформований стан заготовки та зусилля деформування при роздачі трубчастої заготовки конусним пуансоном	2

5. Самостійна робота студента

Завдання на самостійну роботу.

Завдання на самостійну роботу приведені таблиці 4.

Таблиця 4.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання
1.	Розділ 1. Інтенсифікація витягування листових заготовок з використанням підігріву фланця заготовки
2.	Розділ 1. Інтенсифікація процесів витягування шляхом штампування за допомогою рідини.
3.	Розділ 1. Інтенсифікація витягування виробів з листових заготовок шляхом використання притискача і матриці спеціального профілю.
4.	Розділ 1. Створення та забезпечення умов надпластичності; використання явища надпластичності для інтенсифікації листового штампування; схеми та приклади застосування
5.	Розділ 1. Зниження затрат на проектування, виготовлення та експлуатацію технологічного оснащення застосуванням високо еластичних матеріалів для передачі зусилля деформування, створення гідродинамічного режиму тертя; схеми та конструкції технологічного оснащення.
6.	Розділ 1. Гідро та гідроабразивне різання матеріалів; фізико механічні основи процесу; схеми пристроїв та конструкцій оснащення
7.	Розділ 1. Розкрій листових матеріалів лазерним променем; оптико механічні схеми; режими випромінювання та розкрою.
8.	Розділ 2. Штампування виробів із трубчастих заготовок в середовищі над високого тиску.
9.	Розділ 2. Скорочення технологічного циклу підвищенням пластичності матеріалів деформуванням при високому гідростатичного тиску та в умовах над пластичності.
10.	Розділ 2. Схеми інтенсифікації обтиску трубчастих заготовок та порожнистих заготовок з дном.
11	Розділ 3. Способи процесів відборткування та схеми їх інтенсифікації.
12	Розділ 4. Схеми роздачі трубчастих заготовок і порожнистих заготовок з дном та схеми і пристрої для їх інтенсифікації.
13	Розділ 3. Використання тиску за допомогою рідини для інтенсифікації процесів роздачі..

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування занять студентами є обов'язковим компонентом оцінювання, за яке нараховуються бали. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись в on-line формі за погодженням із керівником курсу. Відвідування лекційних занять без пропусків (крім поважних причин) додатково оцінюється 10 балів, якщо кількість пропусків не перевищує 15% лекцій додатково нараховується 8 балів, при кількості пропусків більше 15% - 0 балів. За активність студентів на лекціях ще нараховуються: активність на всіх лекціях - 5 балів. За кожну підготовку коротких доповідей згідно з розділами лекцій та виступом на лекції нараховується 5 балів. При цьому текст доповіді перевіряється на наявність плагіату із коректними запозиченнями до 20 %.

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

Після вивчення дисципліни передбачено проведення екзамену.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

Розроблення рейтингової системи оцінювання(PCO) з дисципліни є складовою частиною робочої навчальної програми. Семестровий контроль заплановано у вигляді екзамену, то 100-бальна шкала оцінювання поділяється на дві складові.

Перша складова (48 балів) містить бали, які отримані студентом при виконанні лабораторних робіт (32 бали) та активність студента на лекціях і практичних заняттях (16 балів), що є стартовою складовою для допуску студента до екзамену.

Друга складова 52 бали (екзаменаційна шкала) призначена для оцінювання результатів навчання на екзамені. Якщо студент набрав більше 80 балів (з урахуванням п.7), то він може отримати позитивну оцінку без здачі екзамену..

Лабораторні роботи.

Ваговий бал кожної роботи – **8**. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює $8 \times 4 = 32$ бали.

Критерії оцінювання лабораторних робіт:

- підготовка до лабораторної роботи – **2** бали (знання мети і методики проведення роботи та підготовка протоколу – 1 бал; відсутність необхідних знань або протоколу – 0 балів);
- виконання лабораторної роботи - **3** бали (активна участь – 2 бали, пасивна – 1 бал, неучасть – 0 балів);
- оформлення протоколу роботи – **1** бал;

- захист лабораторної роботи - 2 бали (знання теоретичних основ роботи, методики досліджень та висновків – 2 бали; неповні або неточні відповіді на запитання – 1 бал; відсутність знань – 0 балів).

Лабораторна робота вважається зарахованою, якщо число набраних балів складає не менше 6.

На екзамені студенти виконують письмову роботу. Кожне завдання містить 4 запитання по розділах дисципліни. Всі питання (завдання) оцінюються по 14 балів:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв’язування завдання) – по 13-14 балів за перші два всі питання;
- «дуже добре», практично повна відповідь, не менше 85% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або є незначні неточності у відповідях – по 12-13 балів за перші всі питання та;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або є незначні неточності у відповідях – по 10-11 балів за всі питання та;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 65% потрібної інформації та наявність великої кількості несуттєвих помилок – по 8-9 балів за всі питання;
- «достатньо», неповна відповідь, не менше 55% потрібної інформації та наявність великої кількості суттєвих помилок – по 6-7 балів всі питання;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «достатньо» – 0 балів.

Сума стартових балів та балів за екзаменаційну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Є не зараховані лабораторні роботи або не зарахована розрахункова робота	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором, д.т.н. Калюжним Володимиром.

Ухвалено кафедрою технології виробництва літальних апаратів (протокол № 16 від 06.07.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією навчально наукового механіко-машинобудівного інституту (протокол № 1 від 30.08.2022 р.)