

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Механіко-машинобудівний інститут

(повна назва інституту/факультету)

Механіки пластичності матеріалів та ресурсозберігаючих процесів

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»

УДК 621.7.04

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Тітов В.А.
(ініціали, прізвище)

“ ” 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності Обладнання та технології пластичного формоутворення
конструкцій машинобудування 8.05050203

(код і назва)

на тему: «Розробка та обґрунтування процесу формоутворення елемента
порожнистої лопатки в ізотермічних умовах з титанових сплавів»

Виконав (-ла): студент (-ка) VI курсу, групи МД-41м
(шифр групи)

Тупчій Валерій Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник д.т.н., професор, Тітов В.А.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2016 року

Реферат

Атестаційна магістерська робота на тему «Розробка та обґрунтування процесу формоутворення елемента порожнистої лопатки в ізотермічних умовах з титанових сплавів», представлена в обсязі 120 сторінок і вміщує 20 таблиць, 67 малюнків. У роботі використано 100 літературних джерел.

У роботі розроблено та обґрунтовано процес формоутворення типових елементів порожнистої лопатки вентилятора газотурбінного двигуна: оболонки одинарної кривизни та оболонки двоякої кривизни.

На основі аналізу літератури визначено напрямки досліджень, сформульовані мета та задачі досліджень.

Розроблено структуру технологічного процесу і методи проведення процесу формоутворення сферичного елемента (мембрана) та оболонки одинарної кривизни порожнистої лопатки.

Вирішено та реалізовані в системі Deform 3D кінцево-елементну модель для розрахунку напружено-деформованого стану оболонки одинарної кривизни в умовах чистого згину та оболонки двоякої кривизни в умовах надпластичності, яке дозволило дати оцінку НДС в осередку деформації. Розглянуто особливості деформування матеріалу при чистому згині в умовах надпластичності. Запропоновані методи побудови діаграм деформування матеріалів при випробуваннях на згин.

Здійснено аналітичну оцінку впливу діючих деформацій і напружень на різні ділянках елементів порожнистої лопатки.

Спроектвані, виготовлені оснащення для операції деформування оболонки одинарної кривизни та формування сферичного елемента (мембрани).

Проведено експериментальне дослідження деформування оболонки одинарної кривизни в умовах чистого згину. Результати роботи

доповідалися на міжнародній та загальноуніверситетській конференції, опубліковані матеріали наукової доповіді у фаховому виданні.

Реферат

Аттестационная магистерская работа на тему «Разработка и обоснование процесса формообразования элемента полой лопатки в изотермических условиях из титановых сплавов», представленная в объеме 120 страниц и содержит 20 таблиц, 67 рисунков. В работе использовано 100 литературных источников.

В работе разработаны и обоснованы процесс формообразования типовых элементов полой лопатки вентилятора газотурбинного двигателя: оболочки одинарной кривизны и оболочки двойкой кривизны.

На основе анализа литературы определены направления исследований, сформулированы цель и задачи исследований.

Разработана структура технологического процесса и методы проведения процесса формообразования сферического элемента (мембрана) и оболочки одинарной кривизны полой лопатки.

Решено и реализованы в системе Deform 3D конечно-элементную модель для расчета напряженно-деформированного состояния оболочки одинарной кривизны в условиях чистого изгиба и оболочки двойкой кривизны в условиях сверхпластичности, которое позволило дать оценку НДС в очаге деформации. Рассмотрены особенности деформирования материала при чистом изгибе в условиях сверхпластичности. Предложенные методы построения диаграмм деформирования материалов при испытаниях на изгиб.

Осуществлено аналитическую оценку влияния действующих деформаций и напряжений на различные участках элементов полой лопатки.

Спроектированы, изготовлены оснащение для операции деформирования оболочки одинарной кривизны и формирования сферического элемента (мембраны).

Проведено экспериментальное исследование деформирования оболочки одинарной кривизны в условиях чистого изгиба. Результаты работы докладывались на международной и общеуниверситетской конференциях, опубликованы материалы научного доклада в специализованном издании.

Abstract

Attestation master thesis on the topic "Development and support of the process of forming a hollow blade element in isothermal conditions of titanium alloys", presented in a volume of 120 pages and contains 20 tables, 67 figures. In the 100 references used.

The work developed and justified the process of formation of typical elements of the hollow fan blades of a gas turbine engine: shell single curvature and double curvature shell.

Based on the literature review identified areas of research, formulated the purpose and objectives of research.

The structure of the process and methods of carrying out the process of forming the spherical member (membrane) and single-shell hollow blade curvature.

It was decided and implemented in the Deform 3D system finite element model for the calculation of the stress-strain state of the shell single curvature in pure bending and shell of double curvature in superplasticity conditions, which allowed for a VAT assessment in the deformation zone. The features of deformation of the material in pure bending under superplasticity. The proposed methods of construction materials in the deformation diagrams for bending tests.

It implemented an analytical assessment of the impact of the current strains and stresses on the various parts of a hollow blade elements.

Designed, manufactured and processed equipment for membrane deformation operation of single curvature and formation of a spherical element (diaphragm).

An experimental study of deformation shell single curvature in pure bending. The results were presented at an international conference and a university-wide, published a scientific paper materials in the professional edition.

6. ТЕХНОЛОГІЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО РОЗРОБЦІ ТА ВПРОВАДЖЕННЮ ПРОЦЕСІВ

В результаті виконання робіт, що входили в завдання магістерської дисертації, можна зробити наступні технологічні рекомендації щодо розроблення та впровадження процесів штампування порожнистої лопатки вентилятора ГТД.

1. Необхідно забезпечити жорсткість інструмента, і звести до мінімуму асиметрію при температурних деформаціях. Для цього необхідно передбачити направляючі для рухомої частини оснастки. При проектуванні направляючих слід врахувати що установка працює при високій температурі $t = 900^{\circ}\text{C}$, що призводить до значних термічних деформацій деталей вузла. Тому необхідно врахувати коефіцієнти термічного розширення матеріалів пар тертя. Для виготовлення пар тертя можна використовувати керамічні матеріали. Так як вони мають низьку теплопровідність, низький коефіцієнт теплового розширення, та високу термічну стійкість і жорсткість.

2. Обмежити степінь свободи руху інструмента один відносно одного. Щоб вони могли рухатися вздовж осі.

3. Забезпечити співвісність прикладання навантаження відносно заготовки.

4. Виконати умову рівномірності подачі з можливістю регулювання навантаження в процесі деформування.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В магістерській роботі на основі аналізу науково-технічних публікацій та аналізу конструкцій деталей ГТД зроблена оцінка можливості використання процесу формоутворення сферичного елемента та оболонки одинарної кривизни в умовах чистого згину для порожнистої лопатки, спроектована оснастка для виготовлення елементів порожнистої лопатки та розроблені технологічні рекомендації по реалізації процесів.

В процесі дослідження були вирішені наступні задачі:

- Виконано аналітичний огляд науково-технічних публікацій та патентів виготовлення конструкцій елементів порожнистої лопатки з титанових сплавів газотурбінних двигунів . На основі аналізу сучасного стану і перспектив розвитку процесів виготовлення порожнистих лопаток сформував їх недоліки та визначив мету і основні задачі дослідження, які забезпечують високі параметри якості деталей та підвищення ресурсу витривалості;
- Розроблена методика дослідження виготовлення елементів порожнистої лопатки газотурбінних двигунів;
- Спроектвані оснащення і установки для формоутворення випробовуваних зразків порожнистої лопатки;
- Розроблений метод визначення моделі деформування металів на основі результатів іспитів в умовах чистого згину;
- Виконане чисельне моделювання оболонки одинарної кривизни в умовах чистого згину в системі CAD/ CAE DEFORM 3D та проаналізовані особливості процесу;
- Виконане чисельне моделювання процесу формоутворення сферичного елемента – порожнистої лопатки в умовах

надпластичності в системі CAD/ CAE DEFORM 3D та проаналізовані умови течії металу;

- На основі експериментальних досліджень формоутворення елемента порожнистої лопатки виконав аналіз факторів, що впливають на процес формоутворення деталі «лопатка вентилятора»;
- Розроблені рекомендації по впровадженню процесу формоутворення типової порожнистої лопатки;

2. Розроблено методику виконання роботи, яка включає комплексне дослідження формоутворення елементів порожнистої лопатки чисельними та експериментальними методами.

3. Виконано аналіз теоретичних досліджень деформування елементів порожнистої лопатки.

4. Проведено чисельне моделювання процесу деформування оболонки одинарної кривизни в умовах чистого згину та формоутворення сферичного елемента порожнистої лопатки, і технічний аналіз в системі CAD/ CAE DEFORM 3D. Моделювання забезпечило розрахунок напружено-деформованого стану заготовок та підтвердило теоретичні результати.

В ході експерименту було проведено дослід по процесу деформування оболонки одинарної кривизни в умовах чистого згину .

5. На основі аналітичних та експериментальних досліджень були сформульовані технологічні рекомендації по розробці та впровадженню процесів виготовлення оболонки одинарної кривизни та сферичного елемента (мембрани) порожнистої лопатки.