

Створення технологій пластичного деформування гомогенних та порошкових матеріалів в умовах надпластичності для забезпечення ресурсу та надійності наукоємних виробів

Создание технологий пластического деформирования гомогенных и порошковых материалов в условиях сверхпластичности для обеспечения ресурса и надежности наукоёмких изделий

Creation of technologies of plastic deformation of homogeneous and powder materials in conditions of superplasticity for maintenance of a resource and reliability of the high technology products

1. Номер державної реєстрації теми – 0116U005477

2. Науковий керівник – к.т.н., доц. Тітов А.В., Титов А.В., Titov. A.V.

3. Суть розробки, основні результати.

(укр.)

Розроблено конструкторсько-технологічну класифікацію типових лопаток сучасних газотурбінних двигунів. Обрані типові елементи суцільних та порожнистий лопаток для яких поставлені задачі для відпрацювання технологій виготовлення.

Розглянуто та узагальнено теоретичний підхід при аналітичному моделюванні матеріалів при в'язкопластичному деформуванні.

Розглянуто основні закономірності деформування мембрани під розподіленим тиском газового середовища в умовах надпластичності. Розроблено математичну модель процесу формування, яка описує поле швидкостей переміщення матеріальних часток в осередку деформацій – по твірній мембрани з використанням просторово-часової системи координат, що дозволило зв'язати параметри процесу деформування заготовок та геометрію деталі. Проведено чисельне моделювання процесу деформування мембрани з титанового та алюмінієвого сплавів. Встановлений вплив коефіцієнтів деформаційного та швидкісного зміцнення на розподіл потоншення по твірній мембрани. Експериментально обґрунтована ефективність комплексного двохстадійного технологічного процесу пресування заготовок лопаток компресора з гомогенного титанового сплаву ВТ 6 та підтверджені результати чисельного моделювання.

Розглянуто особливості формоутворення пера лопатки клиноподібної форми з алюмінієвих сплавів, волокнистих та порошкових матеріалів на основі алюмінію. Проведено чисельне моделювання процесу формоутворення та експериментально відпрацьовано ізотермічне пресування з використанням ефекту надпластичності.

Розроблені основи процесів модифікації структури матеріалів шляхом пресування з перемішуванням, проведено теоретичне та експериментальне дослідження процесу пресування з перемішуванням. Встановлено та експериментально підтверджено, що в осередку деформацій створюються умови, які сприяють максимальному подрібненню елементів структури матеріалу.

Наведені технологічні рекомендації по впровадженню технологій виготовлення точних заготовок лопаток пластичним деформування в умовах надпластичності.

(рос.)

Разработана конструкторско-технологическая классификация типовых лопаток современных газотурбинных двигателей. Выбраны типовые элементы сплошных и полый лопаток для которых поставленные задачи по отработке технологий изготовления.

Рассмотрен и обобщен теоретический подход при аналитическом моделировании материалов при вязкопластичных деформациях.

Рассмотрены основные закономерности деформирования мембраны под распределенным давлением газовой среды в условиях сверхпластичности. Разработана математическая модель процесса формирования, описывающей поле скоростей перемещения материальных частиц в ячейке деформаций - по образующей мембраны с использованием пространственно-временной системы координат, что позволило связать параметры процесса деформирования заготовок и геометрию детали. Проведено численное моделирование процесса деформирования мембраны из титанового и алюминиевого сплавов. Установлено влияние коэффициентов

деформационного и скоростного упрочнения на распределение утончение по образующей мембраны. Экспериментально обоснована эффективность комплексного двухстадийного технологического процесса прессования заготовок лопаток компрессора из однородного титанового сплава ВТ 6 и подтверждены результаты численного моделирования.

Рассмотрены особенности формообразования пера лопатки клиновидной формы из алюминиевых сплавов, волокнистых и порошковых материалов на основе алюминия. Проведено численное моделирование процесса формообразования и экспериментально отработаны изотермический прессования с использованием эффекта сверхпластичности.

Разработаны основы процессов модификации структуры материалов путем прессования с перемешиванием, проведено теоретическое и экспериментальное исследование процесса прессования с перемешиванием Установлено и экспериментально подтверждено, что в очаге деформаций создаются условия, способствующие максимальному измельчению элементов структуры материала.

Приведенные технологические рекомендации по внедрению технологий изготовления точных заготовок лопаток пластическим деформированием в условиях сверхпластичности.

(англ.)

Design and technological classification of standard blades of modern gas turbine engines is developed. Selected typical elements of solid and hollow blades for which tasks are set for the development of manufacturing technologies.

The theoretical approach in analytical modeling of materials under visco-plastic deformation is considered and generalized.

The basic laws of deformation of a membrane under distributed pressure of a gas medium in conditions of superplasticity are considered. The mathematical model of the process of formation, which describes the field of velocity of the movement of material particles in the deformation cell, is developed on the basis of a membrane with the use of the spatial and temporal coordinate system, which made it possible to link the parameters of the process of deformation of the workpieces and the geometry of the part. Numerical simulation of the deformation process of membrane from titanium and aluminum alloys has been carried out. The influence of strain and speed strengthening coefficients on the distribution of thinning on the production membrane is established. Experimentally proved efficiency of complex two-stage technological process of compression of blanks of compressor from homogeneous titanium alloy ВТ 6 and confirmed results of numerical modeling.

The peculiarities of shaping the pen of a wedge-shaped form from aluminum alloys, fibrous and powder materials on the basis of aluminum are considered. Numerical modeling of the formation process has been carried out and isothermal pressing with the use of the superplasticity effect has been experimentally worked out.

The basis of the processes of modifying the structure of materials by pressing with mixing has been developed, theoretical and experimental research of the compression pressing process with mixing has been carried out. It has been established and experimentally confirmed that conditions that contribute to the maximum grinding of elements of the structure of the material are created in the deformation cell.

The given technological recommendations on introduction of technologies of manufacture of exact blanks of blades of plastic deformation in conditions of superplasticity.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

- Пат. на корисну модель № 110980 Спосіб пресування виробів / Тітов В.А., Вишневський П.С., Івахов А.А., Кондратюк Е.В., Тітов А.В. (Україна). Патент опубліковано: 25.10.2016 р. бюл. № 20/2016.
- Патент на корисну модель № 116531 Україна, МПК В21J 1/02 (2006.01). Спосіб пресування виробів / Тітов В.А., Вишневський П.С., Івахов А.А., Тітов А.В. (Україна) КПП ім. Ігоря Сікорського. – № u201612310 Опубл. 25.05.2017, Бюл. №10.
- Патент на корисну модель № 117219 Україна, МПК В21J 1/02 (2006.01). Спосіб зміцнення заготовок пластичним деформуванням / Тітов В.А., Івахов А.А., Вишневський П.С., Тітов А.В., Кондратюк Е.В. (Україна) КПП ім. Ігоря Сікорського. – № u201612309 Опубл. 26.06.2017, Бюл. №12

- Патент на корисну модель № 126187 Україна. Спосіб обробки циліндричних заготовок крученням / Тітов В.А., Івахов А.А., Вишневський П.С., Тітов А.В., Кондратюк Е.В. (Україна) КПІ ім. Ігоря Сікорського. – № у 2018 12310 Опубл. 11.06.2018, Бюл. №12.
- Патент на корисну модель № 126192 Україна. Спосіб зміцнення заготовок пластичним деформуванням/ Тітов В.А., Корева В.О., Богуславський А.Р., Кондратюк Е.В., Тітов А.В. (Україна) КПІ ім. Ігоря Сікорського. – № у 201713020 Опубл. 11.06.2018, Бюл. №11.
- Патент на корисну модель № 126277 Україна. Спосіб зміцнення заготовок пластичним деформуванням/ Тітов В.А., Івахов А.А., Вишневський П.С., Тітов А.В., Кондратюк Е.В. (Україна) КПІ ім. Ігоря Сікорського. – № у 2018 12309 Опубл. 11.06.2018, Бюл. №12.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Розробка виконана на рівні світових аналогів. Показана ефективність процесу в порівнянні з світовими аналогами, що забезпечує дрібнозернисту структуру металів, підвищення границі міцності та границі текучості при збереженні величини відносного подовження. Гомогенні сплави з модифікованою структурою перспективні для виготовлення лопаток компресора ГТД.

6. Економічна привабливість для просування на ринок

Модифікацією структури сплавів алюмінію та титану та інших досягають підвищення механічних властивостей (до 25-30%) при обробці їх в умовах великих пластичних деформацій зсуву при ізотермічному пресуванні. При цьому утворюється дрібнодисперсна структура матеріалів, яка дозволяє використовувати реологічні властивості матеріалів для реалізації пластичного деформування у режимі надпластичності і отримувати деталі більшої точності. Подальша поверхнева обробка з інтенсивними пластичними деформаціями дозволяє отримати в приповерхневих шарах субмікродисперсну та ультрамікродисперсну структуру, яка значно покращує втомну міцність матеріалу. Застосування комплексу технологій при формоутворенні особовідповідальних деталей (валів, моноколіс, лопаток, стволів стрілецької зброї та інших) дозволить значно підвищити ресурс та надійність наукоємних виробів (авіаційної техніки, газотурбінних двигунів).

7. Потенційні користувачі.

Потенційними користувачами є наукоємні галузі промисловості (авіадвигунобудування, аерокосмічна) та підприємства ДП ЗМКБ «Прогрес» ім. О.Г. Івченко (м. Запоріжжя), ВАТ «Мотор Січ» (м. Запоріжжя).

8. Стан готовності розробки.

Розробка готова для впровадження.

9. Існуючі результати впровадження.

На підприємствах ДП ЗМКБ «Прогрес» ім. О.Г. Івченко та ПАТ «Мотор Січ» (м. Запоріжжя) проведено промислова апробація результатів НДР. На основі теоретичних результатів розроблені технологічні рекомендації по реалізації процесів формоутворення в умовах надпластичності з попередньою модифікацією структури.

10. Назва організації, телефон, e-mail

Кафедра Механіки пластичності матеріалів та ресурсозберігаючих процесів, ММІ, тел. 204-94-02 e-mail: avt.kpi@gmail.com

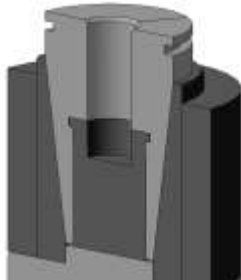
11. Фото розробки

Комп'ютеризована установка для ізотермічного пресування



Модель блоку штампу

Полуматриці для пресування зразків



з алюмінієвих сплавів



Отримані технологічні зразки

з порошкових матеріалів



з волокнистих матеріалів



Установка для процесу газостатичної формовки мембрани у режимі надпластичності



12. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. Технологічна механіка забезпечення міцності та якості деталей пластичним деформуванням / В.А. Тітов, Н.К. Злочевська, О.Я. Качан, А.В. Тітов, Е.В. Кондратюк. – К.: КВІЦ, 2016. – 176с. (монографія)

2. Тітов В.А. Формоутворення тонкостінних елементів монолітних коліс ГТД / В.А.Тітов, В.Ф.Мозговий, О.Ю. Басов, К.Б. Балушок, А.В. Тітов, О.М. Лисенко,

А.Д.Лаврінєнков, Т.Р.Гарєненко// Теорія та практика обробки металів тиском. Монографія / Під ред. Богуслаєва В.О., Бобиря М.І., Тітова В.А., Качана О.Я. – Запоріжжя, вид., АТ «Мотор Січ», 2016 – С. 490-520.

3. Тітов В.А., Качан О.Я., Кондратюк Е.В., Злочєвська Н.К., Гарєненко Т.Р., Уланов С.О., Вишневський П.С. Формування механічних властивостей деталей двостадійним пресуванням з гомогенних та структурно-неоднорідних матеріалів / В.А. Тітов, О.Я. Качан, Е.В. Кондратюк, Н.К. Злочєвська, Т.Р. Гарєненко, С.О. Уланов, П.С. Вишневський // Теорія та практика обробки металів тиском. Монографія / Під ред. Богуслаєва В.О., Бобиря М.І., Тітова В.А., Качана О.Я. – Запоріжжя, вид., АТ «Мотор Січ», 2016 – С. 100-153.

4. Лупкін Б.В. Деякі особливості забезпечення параметрів якості монолітних панелей ЛА, при пластичному формоутворенні / Б. В. Лупкін, М.С. Подгребельний, Р.С. Борис // Теорія та практика обробки металів тиском. Монографія / Під ред. Богуслаєва В.О., Бобиря М.І., Тітова В.А., Качана О.Я. – Запоріжжя, вид., АТ «Мотор Січ», 2016 – С. 154-181.

5. Злочєвська Н.К. Формування механічних і структурних властивостей сплаву 1420 в умовах великих пластичних деформацій зсуву / Н.К. Злочєвська, А.В. Тітов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – №-С. 19-23

6. Луговой А.Ф. Повышение производительности ультразвуковых распылителей жидкости / А.Ф. Луговой, В.П. Фесич, А.И. Зилинский, А.Д. Лавриненков // Mechanics and Advanced Technologies. - №2(80). – 2017. – С. 113-122.

7. Особенности технической подготовки процесса изотермической штамповки моноколес / Титов В.А., Титов А.В., Гарєненко Т.Р., Лысенко О.Н., Мозговой В.Ф., Басов А.Ю. // Вестник НТУУ "КПИ" Машиностроение. - 2016. - №3 (78). - с. 146-152

8. Штерн М.Б. Микромеханическое описание скоростной чувствительности пористых тел / М.Б.Штерн, А.В. Титов / Математические модели и вычислительный эксперимент в материаловедении. Вып. 19: Труды ИНП им. И.Н. Францевича НАН Украины. Серия моделирование в материаловедении" - Киев, 2017. - С. 120-130

9. Титов А.В. Некоторые особенности изотермической штамповки точных деталей с тонкостенными элементами / А.В. Титов, А.Ю. Басов, А.Д. Лавриненков и др. // Обработка материалов давлением. - №1(46). - 2018. - С. 105-115.

10. Тітов А.В., Михєлевич В. М. Аналітичне розв'язання основної задачі теорії деформівності // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 2 (45) – С. 3-10.

13. Ключові слова: технології деформування, надпластичність, алюмінієві і титанові сплави, порошкові матеріали, перо лопатки, порожнисті лопатки, деформування мембрани, пресування з переміщенням.