**Мельников Олександр Юрiйович. Розробка методу знаходження рацiональних параметрiв гарячого iзостатичного пресування нових порошкових матерiалiв на основi комп'ютерного моделювання процесу ущiльнення : Дис... канд. наук: 05.03.05 – 2002**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Мельников О.Ю. Розробка методу знаходження раціональних параметрів гарячого ізостатичного пресування нових порошкових матеріалів на основі комп'ютерного моделювання процесу ущільнення. – Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – Процеси і машини обробки тиском. – Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, 2002 р.  Дисертація присвячена розробці методу знаходження раціональних параметрів гарячого ізостатичного пресування нових порошкових матеріалів на основі комп'ютерного моделювання процесу ущільнення. Описані існуючи математичні моделі процесу і комп'ютерні програми, які дозволяють моделювати ГІП. Позначені їх особливості, переваги та вади.  Удосконалена математична модель процесу ущільнення шляхом впровадження можливості проводити розрахунки із застосуванням закону повзучості Дорна. Розроблені методики експериментального знаходження вхідних параметрів моделі – механічних характеристик матеріалу і функції відносної щільності. На основі удосконаленої моделі розроблена комп'ютерна програма, яка дозволяє обробляти попередньо згадані експерименти, передавати результати в єдину базу даних та моделювати ущільнення порошку.  Проведено ряд експериментів по знаходженню механічних характеристик матеріалу і функції відносної щільності для порошків нікелевого сплаву Udimet-700, нержавіючої сталі 316LN, сплаву на основі хрому Cr5Fe1Y2O3 та жаропрочної сталі X10CrAl18. Зроблені висновки про фактори, які впливають на функцію відносної щільності.  Досліджено вплив точності знаходження вхідних параметрів моделі на точність розрахунків часу повного ущільнення порошків.  Виконані численні експерименти з моделювання ущільнення при ГІП для перевірки адекватності удосконаленої математичної моделі. Результати розрахунків показали добрі співвідношення з експериментальними даними в середній та заключній стадіях процесу ГІП.  Як приклад знаходження раціональних параметрів циклу ГІП проведено моделювання ущільнення порошку нікелевого сплаву Udimet-700 при різних температурах і підвищенні тиску. Знайдені раціональні комбінації кінцевих сполучень тиску і температури, при яких час ущільнення був мінімальним.  19 | |
| |  | | --- | | 1. Удосконалено метод знаходження раціональних параметрів гарячого ізостатичного пресування порошкових матеріалів, який включає знаходження механічних властивостей і функції відносної щільності для матеріалу, який дослідується, і комп'ютерне моделювання процесу ГІП.  2. Удосконалено математичну модель для розрахунків ущільнення при гарячому ізостатичному пресуванні порошкових матеріалів. Модифіковані рівняння континуальної теорії ущільнення порошків дозволяють проводити моделювання з використанням законів повзучості як Нортону, так і Дорна.  3. Розроблено методику визначення механічних характеристик повзучості, необхідних для моделювання з використанням законів в'язкої течі Нортону чи Дорна. Методика передбачає проведення експериментів на стиск або розтягання з повністю ущільненого матеріалу при температурах, характерних для ГІП.  У результаті обробки експериментів для зразків з нержавіючої сталі 316 LN, сплавів Cr5Fe1Y2O3, X10CrAl18, Udimet-700, а також Udimet-700 з додатками TiB2 и Al2O3 було показано, що у більшості випадків в'язку течу цих матеріалів краще описує закон Нортону, і лише в деяких випадках кращі показники дає закон Дорна. Усі коефіцієнти в законах Нортону і Дорна залежать не тільки від виду матеріалу, але і від температури. З ростом температури коефіцієнт повзучості збільшується, а показник повзучості в законі Нортону зменшується для всіх матеріалів.  Порівняння результатів експериментів на розтягання і стиск зразків з нержавіючої сталі 316 LN показало ідентичність отриманих результатів. Зміцнюючі добавки Ti2 і Al2O3 істотно зменшують швидкість деформації при повзучості порошкового сплаву Udimet-700. При цьому коефіцієнт повзучості зменшується, а показник повзучості в законі Нортону збільшується.  4. Розроблено методику експериментального визначення функції відносної щільності, що входить в основні рівняння континуальної теорії ущільнення при ГІП. Методика припускає проведення дилатометричних експериментів за спеціальними циклами ГІП і використання механічних характеристик повзучості, виражених законами Нортону чи Дорна. Отримано формули для визначення функції щільності на основі мікромеханічної теорії повзучості порошкових матеріалів М. Ешбi і континуальної теорії пластичності пористих тіл С. Шима.  Для вище приведених матеріалів були проведені експерименти по знаходженню кінетики їх ущільнення при фіксованій температурі ГІП. Порівняння результатів дилатометричних експериментів з даними експериментів, заснованих на перериванні циклів, виявило добре їх співвідношення (відносна  14  похибка знаходиться у межах 1-2%). Це свідчить проо достатньо високу точність дилатометричних експериментів. Було встановлено, що при обробці дилатометричних експериментів анізотропію деформації зразків припустимо не враховувати. Залежності швидкості деформації від часу ущільнення практично в усіх випадках мають максимум.  Для цих же матеріалів були визначені функції відносної щільності з використанням законів повзучості Нортону і Дорна. В усіх випадках функція росте зі збільшенням відносної щільності. Вона не залежить від температури експериментів і умов навантаження. При використанні законів повзучості Нортону і Дорна функції щільності виходять ідентичними. Разом з тим, функція щільності залежить від виду матеріалу порошку. Особливо на ії значення для Udimet700 впливають додатки TiB2 и Al2O3. Розрахунки за формулами Ешбі і Шима дають лише приблизну її оцінку. Розмір частинок порошку X10CrAl18 не надає вагомий вплив на значення функції щільності.  5. Удосконалено і реалізовано на ЕОМ комп'ютерну програму для моделювання ущільнення при ГІП на основі континуального підходу. Система має сучасний інтерфейс, забезпечує можливість моделювання з використанням законів повзучості Нортону і Дорна, має базу даних з механічних характеристик і функцій щільності для ряду порошкових матеріалів, дозволяє порівнювати результати з розрахунками за мікромеханічною теорією Ешбi, передає результати моделювання в стандартні програми обробки чисельних таблиць.  6. Для перевірки точності експериментального визначення коефіцієнта і функції були проведені розрахунки процесів ущільнення порошків при циклах ГІП, використаних для знайдення f(). Результати порівняння розрахункових і експериментальних даних виявили добре співвідношення (максимальне відхилення по всім циклам не перевищило 6%, середнє знаходиться у межах 0,5%-1,7%). Це свідчить про достатню точність знайдення параметрів, які використані у розрахунках.  7. Для перевірки адекватності удосконаленої математичної моделі проведені чисельні експерименти по моделюванню ущільнення при ГІП порошків нержавіючої сталі 316 LN і X10CrAl18. Результати розрахунків показали задовільну відповідність з експериментальними значеннями відносної щільності в середній і заключній стадії процесу ГІП.  8. Проведена оцінка впливу похибок знаходження параметрів законів Нортону, Дорна і функції відносної щільності на похибку розрахунку часу ущільнення при різних режимах ГІП. Було встановлено, що для знаходження часу повного ущільнення з відносною похибкою не більше 10% відносна похибка знаходження параметрів повзучості і функції щільності  15  має бути у межах 5-10%.  9. Для знаходження раціональних параметрів циклу ГІП проведено моделювання ущільнення порошку нікелевого сплаву Udimet-700 при різних температурах і зростаючому тиску. Приймалося, що тиск починає рости в момент початку технологічної витримки. Фіксувалися величина тиску, при якому наступає повне ущільнення, і вiдповiдний iй час процесу. Раціональним вважалося співвідношення тиску і температури, при якому час ущільнення був мінімальним. Воно виявилося таким: T = 1150С, P = 35 МПа.  10. Розроблена програма впроваджена в навчальний процес у Донбаській державній машинобудівній академії як засіб вивчення ущільнення порошків при гарячому ізостатичному пресуванні і в Дослідницькому центрі Юліх, Німеччина, в якості інструменту для знаходження раціональних параметрів процесу ГІП, що у ряді випадків дозволяє не проводити експерименти, які дорого коштують. | |