**Харламов Максим Юрійович. Підвищення ефективності технологічних процесів детонаційного напилювання покриттів на основі комплексної математичної моделі : дис... канд. техн. наук: 05.03.06 / НАН України; Інститут електрозварювання ім. Є.О.Патона. - К., 2005**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Харламов М.Ю. Підвищення ефективності технологічних процесів детонаційного напилювання покриттів на основі комплексної математичної моделі. - Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.06 – Зварювання та споріднені технології. – Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, м. Київ, 2005 р.  Дисертація присвячена розробці математичних моделей процесів детонаційного напилювання покриттів (ДНП), дослідженню на їхній основі закономірностей поводження порошкових часток при напилюванні й створенню методів вибору раціональних технологічних режимів і скорочення затрат при розробці технологічних процесів (ТП) ДНП. Розроблено структурну схему комплексного математичного моделювання процесів ДНП, при цьому виділені вхідні й вихідні параметри моделей основних стадій ДНП і встановлено їхній взаємозв'язок. Розроблена модель генерації імпульсного струменя продуктів газової детонації та математична модель, що описує фізику взаємодії порошкових часток і продуктів детонації всередині ствола детонаційної установки і в зовнішньому середовищі. Створено відповідне програмне забезпечення й проведені чисельні дослідження фізичних процесів, що протікають при детонаційному напилюванні. Запропоновано принципи створення системи підтримки прийняття рішень (СППР) для розробки ТП ДНП. Розроблено й програмно реалізовано інформаційно-пошукову систему для вибору газотермічних покриттів, із фреймовою структурою подання знань, а також метод визначення раціональних технологічних режимів ДНП, заснований на використанні генетичного алгоритму, які входять у СППР як підсистеми. Представлено рекомендації для побудови комплексної системи автоматизованого керування ТП ДНП. | |
| |  | | --- | | 1. Проведено теоретичні дослідження робочого циклу детонаційного напилювання покриттів. Установлено, що детонаційне напилювання є багатофакторним багатокритеріальним процесом, моделювання якого можливо на основі комплексу математичних моделей його окремих стадій з наскрізною передачею даних між ними. Розроблено відповідну схему комплексного моделювання й структуру діалогового моделюючого комплексу. Показано, що для одержання високощільних покриттів з підвищеною адгезійною і когезійною міцністю необхідні температурно-швидкісні умови зіткнення часток, що забезпечують величину напірного тиску на рівні динамічної границі текучості матеріалу поверхневого шару й відповідно контрольований рівень пластичної деформації основи в зоні контакту із часткою.  2. Розроблено математичну модель генерації імпульсного струменя продуктів газової детонації, а також модель для визначення просторово-тимчасових характеристик потоку напилюємих часток, як усередині ствола детонаційної установки, так і в зовнішньому середовищі, у тому числі й при використанні стволів змінного перетину. Створено відповідне програмне забезпечення, що включає базу даних термодинамічних і фізичних властивостей газів і порошкових матеріалів. Установлено, що вихід детонаційної хвилі на зріз ствола й поширення усередину нього хвилі розрідження, призводить до росту швидкості й зниженню температури продуктів детонації на 500…2000 градусів залежно від складу газової суміші, при цьому в процес витікання втягується вся маса продуктів детонації по довжині ствола. Це обумовлює двостадійність розгону й нагріву часток за детонаційною хвилею й у хвилі розрідження.  3. Обґрунтовано можливість керування швидкістю й температурою часток, що напилюються, комплексом технологічних параметрів детонаційного напилювання: формою й розмірами ствола; складом горючої суміші й ступенем заповнення ствола; величиною дози порошку і її просторовим розподілом; формою й розмірами часток порошку; дистанцією напилювання. Проведено чисельні дослідження поводження часток оксиду алюмінію діаметром 20 мкм. Показано, що регулюючи початкові параметри газового заряду (склад суміші й ступінь заповнення нею ствола) можна змінювати температуру й швидкість часток порошку в діапазоні 1750…2350 К й 660…870 м/с відповідно. Підвищення величини одиничної дози порошку й розмірів його часток веде до значного зниження швидкості й температури часток. Збільшення дистанції напилювання з 50 до 300 мм приводить до збільшення швидкості часток з 650 до 900 м/с і зниженню їхньої температури. При довжині вихідної хмари газосуспензії в стволі менш 16 мм і величині дози порошку більше 0,1 г міжфазний теплообмін внаслідок високої об'ємної концентрації часток погіршується.  4. Показано, що в процесі витікання двофазного потоку зі ствола детонаційної установки порошкова хмара збільшується в радіальному й осьовому напрямках, внаслідок чого об'ємна концентрація часток знижується в 2…10 разів у порівнянні з початковою. При цьому частки відхиляються від прямолінійної траєкторії руху. Зі зменшенням щільності матеріалу часток і їхнього діаметра ступінь радіального відхилення збільшується. Радіальний зсув часток у процесі їхнього руху залежить також від їхнього первісного положення щодо осі ствола й істотно зростає для часток, розташованих поблизу стінок ствола (становлячи для часток Al2O3діаметром 10 мкм кут між віссю ствола й траєкторією руху близько 3).  5. Установлено, що формування одиничного шару покриття відбувається в умовах змінних значень швидкості й температури часток порошку в імпульсному потоці. При напилюванні порошком оксиду алюмінію (діаметр часток 40 мкм, ствол довжиною 1,6 м, суміш C2H2+2,5O2, дистанція напилювання 200 мм, глибина завантаження 0,7 м) коливання швидкості часток становлять ±10% від середнього значення 765 м/с, температура часток зростає з 2200 К у головної частині потоку, до 2350 К, час формування одиничного шару – 2,5 мс. Показано, що зміною технологічних параметрів можна регулювати розподіл швидкості й температури часток порошку в імпульсному потоці під час взаємодії з основою, а тим самим умови формування одиничного шару покриття.  6. Розроблено принципи створення системи підтримки прийняття рішень для автоматизованого проектування технологічних процесів детонаційного напилювання покриттів, що складається з блоку самостійних модулів. Як структурні елементи даної системи створені інформаційно-пошукова система, що містить відомості про розроблені газотермічні покриття і полегшує роботу інженерів-технологів по їхньому вибору, а також автоматизована система для пошуку раціональних режимів напилювання, що забезпечують необхідні для одержання покриття із заданими властивостями значення швидкості й температури часток порошку. Для раціонального вибору технологічних режимів розроблено і програмно реалізовано метод, заснований на використанні генетичного алгоритму. Застосування даного методу зменшує витрати часу на розробку технологій детонаційного напилювання в 5...10 разів.  7. Розроблено алгоритм керування й рекомендації для побудови комплексної системи керування процесом детонаційного напилювання покриттів. Верхній рівень системи керування призначений для автоматизації розробки технологій детонаційного напилювання на основі системи підтримки прийняття рішень, нижній - для безпосереднього автоматичного керування технологічним процесом за допомогою пристроїв зв'язку з об'єктом. | |