**Бушма Олександр Іванович. Моделювання процесів взаємодії лазерного випромінювання з дисперсними матеріалами при лазерному та гібридному лазерно-плазмовому нанесенні покриттів : Дис... канд. наук: 05.03.07 – 2008**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Бушма О.І. Моделювання процесів взаємодії лазерного випромінювання з дисперсними матеріалами при лазерному та гібридному лазерно-плазмовому нанесенні покриттів. – Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.07 – Процеси фізико-технічної обробки. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ, 2008 р.  Дисертація присвячена дослідженню процесів лазерного та гібридного лазерно-плазмового нанесення покриттів, розробці фізико-математичних моделей лазерного і комбінованого нагрівання частинок дисперсних матеріалів та визначенню на цій основі нових способів управління тепловими характеристиками частинок, що напилюються. Розвинуто теорію взаємодії лазерного випромінювання з дрібнодисперсними частинками. На основі розв’язання задачі дифракції електромагнітної хвилі на неоднорідно нагрітій сферичній частинці отримані формули для розрахунку характеристик поглинання та розсіювання лазерного випромінювання частинками, що напилюються. Запропоновано математичну модель лазерного та лазерно-плазмового нагрівання частинок дисперсних матеріалів і показано, що лазерне нагрівання керамічних частинок характеризується істотною неоднорідністю температурного поля та оптичних властивостей матеріалу частинки. Доведено можливість управління температурним полем частинок, що напилюються, за рахунок відповідної комбінації лазерного та плазмового нагрівання. Розроблено математичну модель процесів руху та нагрівання окремих частинок в умовах лазерного, плазмового і гібридного напилювання керамічних покриттів. Цю модель було узагальнено на випадок урахування розсіювання та поглинання лазерного пучка всією сукупністю частинок, що напилюються. Запропоновано конструкцію та створено дослідний зразок інтегрованого лазерно-дугового плазмотрона непрямої дії, призначеного для нанесення покриттів. Доведена перспективність його використання для напилювання різноманітних керамічних та металевих матеріалів, а також для нанесення алмазних та алмазоподібних покриттів. | |
| |  | | --- | | Дисертаційна робота присвячена виявленню закономірностей процесів взаємодії лазерного випромінювання з дисперсними матеріалами в умовах лазерного напилювання, розробці нового способу нанесення покриттів (гібридного лазерно-плазмового напилювання) і пристрою для його практичної реалізації. Основні результати і висновки роботи полягають у наступному:   1. За умов дії лазерного випромінювання на частинку дисперсного матеріалу, розмір якої сумірний з довжиною хвилі випромінювання, має місце істотна неоднорідність просторового розподілу електромагнітної енергії, що поглинається частинкою. У випадку металевих частинок ця енергія дисипується в межах приповерхневого шару товщиною менше за 0,1 мкм (джерело тепла поверхневе), тоді як у випадку керамічних частинок вона розподілена по всьому об’єму частинки (розподілене джерело тепла). 2. Ступінь поглинання лазерного випромінювання дрібнодисперсними керамічними частинками Al2O3 і SiО2, а отже і ефективність їх лазерного нагрівання при використанні СО2-лазерів, у десятки (Al2O3) і сотні (SiО2) тисяч разів вища, ніж у випадку Nd:YAG-лазерів. Таким чином, як джерело випромінювання для практичної реалізації технологічних процесів лазерного напилювання покриттів із вказаних матеріалів найдоцільніше використовувати СО2-лазери. 3. Просторовий розподіл потужності лазерного випромінювання, що поглинається дрібнодисперсними частинками, призводить до істотної неоднорідності температурних полів і оптичних властивостей таких частинок. Наслідком відзначених особливостей у випадку лазерного напилювання частинок SiО2 з використанням випромінювання СО2-лазера є рух фронту плавлення в частинках, що напилюються, від центра до поверхні, а також можливість їх теплового вибуху (при інтенсивності падаючого на частинку випромінювання понад 5109 Вт/м2), чого не відбувається при плазмовому та інших способах газотермічного напилювання, коли тепло вводиться через поверхню частинки. 4. Комбінуючи певним чином лазерний (об’ємний) і плазмовий (поверхневий) способи нагрівання дрібнодисперсних керамічних частинок, можна ефективно керувати розподілом температури в частинці, досягаючи при цьому рівномірного нагрівання і повного проплавлення частинок з матеріалів, що мають низьку теплопровідність, як, наприклад, SiО2. Подібна комбінація може бути реалізована за допомогою нового технологічного процесу – гібридного лазерно-плазмового напилювання покриттів, що полягає в одночасній дії на напилюваний матеріал плазмовим струменем і лазерним пучком. 5. Ефекти поглинання і розсіювання лазерного випромінювання напилюваним матеріалом суттєво впливають на характеристики пучка в процесі лазерного напилювання покриттів, причому ступінь такого впливу визначається витратою порошку й умовами його введення в зону обробки. В результаті, адекватне моделювання кінетики лазерного нагрівання окремої частинки, що напилюється, неможливе без врахування взаємодії лазерного пучка з усією сукупністю напилюваних частинок. 6. Для практичної реалізації процесів нанесення покриттів з використанням лазерного випромінювання запропонована конструкція і створений дослідний зразок інтегрованого лазерно-дугового плазмотрона непрямої дії. Експериментальні дослідження технологічних можливостей розробленого плазмотрона свідчать про високу ефективність його застосування для гібридного лазерно-плазмового напилювання: пористість покриттів з порошку ПГ-10Н-01 вдалося знизити більше як у три рази порівняно з напилюванням плазмою та приблизно вдвічі скоротити час одержання якісних покриттів з порошку ИЧХ28Н2 за рахунок поєднання процесів плазмового напилювання і лазерного оплавлення напилюваного шару. 7. Використання комбінованого лазерно-дугового розряду, створюваного за допомогою інтегрованого плазмотрона непрямої дії, дозволяє реалізувати технологічні процеси нанесення алмазних і алмазоподібних покриттів в атмосферних умовах, що забезпечують твердість таких покриттів до 19 ГПа при швидкості зростання 2...15 мкм/год. | |