**Зацерковний Андрій Сергійович. Моделювання процесів теплообміну струменя низькотемпературної плазми з частинками дисперсного матеріалу, що випаровуються та екзотермічно реагують. : Дис... канд. наук: 05.03.06 – 2008**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Зацерковний А. С. Моделювання процесів теплообміну струменя низькотемпературної плазми з частинками дисперсного матеріалу, що випаровуються та екзотермічно реагують. – Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.06 – Зварювання та споріднені процеси і технології. – Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України, м. Київ, 2008 р.  Дисертаційна робота присвячена теоретичному дослідженню і математичному моделюванню теплової та динамічної взаємодії плазмового струменя з частинками дисперсних матеріалів в умовах плазмового напилювання покриттів. Запропоновано теоретичні моделі для розрахунку теплообміну напилюваної частинки з багатокомпонентною плазмою шляхом врахування енергетичного внеску іонних і електронних теплових потоків та екзотермічної реакції між компонентами композиційної частинки.  Створено обчислювальні алгоритми та розроблено програмне забезпечення, за допомогою якого виконано детальне комп'ютерне моделювання руху і нагрівання як гомогенних (металевих) частинок з урахуванням випаровування іхнього матеріалу, так і композиційних екзотермічно реагуючих частинок у плазмовому струмені.  З метою верифікації запропонованих математичних моделей було проведено серію натурних експериментів з напилювання композиційного порошку Ni-Al. За допомогою отриманих експериментальних даних були визначені параметри моделі руху частинок і розрахований параметр, що характеризує швидкість протікання екзотермічної реакції в їх об'ємі. Розроблені математичні моделі руху і нагрівання можуть бути адаптовані для широкого діапазону режимів параметрів плазмового напилювання, а також для композиційних порошків різного складу та структури. | |
| |  | | --- | | 1. В енергетичному балансі напилюваної частинки, що рухається в плазмовому струмені при температурах плазми вище 8000 K, потоки енергії, що переносяться електронами та іонами плазми на поверхню частинки, є сумірними з конвективно-кондуктивною і радіаційної складовими теплового потоку в частинку. Так, для частинки алюмінію радіуса 30 мкм з температурою поверхні 2000 K і швидкістю руху 100 м/с в аргоновій плазмі атмосферного тиску, що має температуру 10000 K, сумарний потік енергії заряджених частинок становить 0,4108 Вт/м2, а відповідні значення конвективно-кондуктивного та радіаційного потоків становлять 0,5108 Вт/м2 і 0,9108 Вт/м2 відповідно. 2. Наявність у багатокомпонентній приповерхневій плазмі випарених атомів і іонів матеріалу частинки спричиняє істотний вплив температури поверхні напилюваної частинки на потоки енергії, що переносяться зарядженими частинками плазми. Зокрема, при температурі поверхні частинки алюмінію радіусом 30 мкм, яка дорівнює 2400 K, що перебуває в аргоновій плазмі, що має температуру 10000 K, ці потоки (0,85108 Вт/м2) майже втричі перевищують відповідні значення (0,32108 Вт/м2) для частинки, що має температуру поверхні 1800 K. 3. При температурі поверхні напилюваної частинки вище температури кипіння її матеріалу істотним фактором в енергетичному балансі частинки є випарне охолодження, пов'язане з віднесенням прихованої теплоти паротворення потоком розширної пари. Так, наприклад, якщо температура поверхні частинки алюмінію, що перебуває в аргоновій плазмі з температурою 12000 K, перевищує температуру кипіння (2720 K), починається розлітання пари, що супроводжується зниженням сумарного теплового потоку в частинку, аж до його нульового значення при температурі поверхні частинки близько 2775 K. 4. У випадку плазмового напилювання екзотермічно реагуючих композиційних частинок Ni-Al динаміка температурного поля в таких частинках визначається не тільки умовами теплообміну між струменем плазми і поверхнею частинки, але й швидкістю об'ємного енерговиділення за рахунок хімічної реакції, що протікає між компонентами матеріалу частинки. Чисельний аналіз процесів руху і нагрівання частинки Ni-Al діаметром 55 мкм в аргоно-водневій плазмі показав, що така частинка долає дистанцію 10 см від зрізу сопла плазмотрона до підкладки за 0,83 мс і досягає температури 2100 K у результаті теплообміну з плазмою. Тоді як при врахуванні теплоти екзотермічної реакції синтезу інтерметаліду частинка нагрівається до цієї температури лише за 0,47 мс. 5. Експериментальне дослідження покриттів з композиційного порошку Ni-Al показало, що фазовий склад в різних (по плямі напилювання) зонах покриття залежить як від початкового розміру і масового співвідношення компонентів композиційної частинки в первісному стані, так і від характеристик плазмового струменя та умов введення в нього напилюваних частинок. Структурно-фазовий аналіз покриття показав, що за рахунок різних траєкторій руху і динаміки нагрівання частинок діаметром від 40 до 100 мкм частка прореагованого матеріалу варіюється від 90,9 % до 98,3 %. 6. Шляхом порівняння експериментальних даних і результатів моделювання нагрівання і руху композиційних плакованих частинок Ni-Al в аргоновій плазмі визначено, що значення величини передекспоненційного фактора, що характеризує швидкість протікання хімічної реакції в їхньому об'ємі, перебуває в межах від 6,26104 до 6,76104 с-1. Запропонована методика розрахунково-експериментального визначення даного параметра математичної моделі плазмового нагрівання екзотермічно реагуючих композиційних частинок дозволяє ідентифікувати дану величину для різних типів композиційних порошків. | |