**Войнарович Сергій Григорович. Розробка технології мікроплазмового напиленнябіокерамічного покриття. : Дис... канд. наук: 05.03.06 – 2008**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Войнарович С. Г. Розробка технології мікроплазмового напилювання біокерамічного покриття.** - Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.03.06 "Зварювання та споріднені процеси і технології". - Інститут електрозварювання ім. Е.О. Патона НАНУ, Київ, 2008 р.  Дисертація присвячена розробці технології мікроплазмового напилюваннябіокерамічного покриття з гідроксіапатиту (ГА) із забезпеченням необхідного фазового складу й структури.  Встановлено основні технологічні особливості процесу мікроплазмового напилювання. Визначені фактори, що спричиняють найбільший вплив на процес напилювання та властивості покриттів з ГА.  Визначені вольт-амперні характеристики мікроплазмотрона з виносним анодом. Досліджено вплив технологічних параметрів на ККД плазмотрона.  Для умов мікроплазмового напилювання визначено середньомасову початкову ентальпію й температуру плазми, швидкість і температуру часток напилюваного порошку, коефіцієнт використання порошку.  З використанням методу математичного планування багатофакторного експерименту встановлено залежність фазового складу біокерамічного покриття на основі ГА від параметрів мікроплазмового напилювання (струму, дистанції напилювання, витрат плазмоутворюючого газу та порошку). Математична обробка отриманих даних дозволила одержати лінійні регресійні моделі, які показують вплив цих параметрів на формування комплексу характеристик покриттів з ГА, що дасть можливість віднайти шляхи для контролю структури й фазового складу ГА в умовах мікроплазмового напилювання.  Показано, що шляхом зміни параметрів плазмового напилювання, які призводять до зміни умов нагрівання та руху часток напилюваного матеріалу, можливе керування фазовим складом покриттів із ГА у межах вмісту кристалічної фази ГА 88...98 %, ступеня аморфності від 0 до 7 %, вмісту -ТКФ (ступеня розкладення ГА) від 0 до 6 % та формування за рахунок цього покриття з ГА з заданим фазовим складом.  Визначено міцність зчеплення покриттів з основою залежно від наявності підшару і типу його матеріалу.  Розроблено технологічні рекомендації з нанесення покриттів із ГА на ендопротези. | |
| |  | | --- | | 1. В результаті проведених експериментів вперше були визначені вольт-амперні характеристики і ККД ламінарного мікроплазмотрона з виносним анодом. ВАХ мікроплазмотрона МП-004 мають лінійний вигляд і є висхідними, напруга дуги при мікроплазмовому напилюванні складає 22...32 В. Методом поточного калориметрирування встановлено, що ККД мікроплазмотрона підвищується при збільшенні витрат плазмоутворюючого газу і сягає 55 %. Отримані дані дозволили визначити діапазон параметрів роботи плазмотрону для умов мікроплазмового напилювання покриттів. 2. Встановлено, що у робочому діапазоні параметрів напилювання ентальпія складає 11000...32000 Дж/л, що відповідає середньомасовій початковій температурі аргонового струменя 10000...13500 К. Це перевищує значення температури плазми при традиційному напилюванні з використанням струменя аргонової плазми. Дослідження впливу витрат плазмоутворюючого газу на режим витікання мікроплазмового струменя показало, що у діапазоні струмів 30...45 А стійке ламінарне витікання плазмового струменя зберігається при витратах плазмоутворюючого газу 40...120 л/год. При цьому довжина мікроплазмового струменя складає 100...150 мм. 3. Показано, що у результаті формування покриття з ГА в умовах мікроплазмового напилювання отримана фігура металізації має профіль, що може бути з високою точністю описаний розподілом Гауса (коефіцієнт кореляції 0,933...0,966), а пляма напилювання має форму еліпса з відношенням осей 1,1...1,3 та розміром 8...15 мм, залежно від параметрів процесу напилювання. Розрахунки показали, що сумарні втрати напилюваного матеріалу (на відскок, розбризкування та від дії геометричного фактору) при мікроплазмовому напилюванні на імплантати розміром 8...10 мм складають 20...40 %, а при традиційному плазмовому напилюванні -- 85...90%. 4. З використанням методу математичного планування багатофакторного експерименту встановлено залежність фазового складу біокерамічного покриття на основі ГА від параметрів мікроплазмового напилювання. Показано, що шляхом зміни параметрів (струм, дистанція напилювання, витрати плазмоутворюючого газу та порошку) плазмового напилювання, які призводять до зміни умов нагрівання та руху часток напилюваного матеріалу, можливе керування фазовим складом покриттів із ГА у межах вмісту кристалічної фази ГА 88...98 %, ступеня аморфності від 0 до 7 %, вмісту -ТКФ (ступеня розкладення ГА) від 0 до 6 % та формування за рахунок цього покриття з ГА з заданим фазовим складом. 5. Вперше зафіксовано формування текстури (з коефіцієнтом 0,48...0,74) у покриттях, отриманих способом плазмово-дугового напилювання. Встановлено, що причиною появи текстури у мікроплазмових покриттях з ГА є низька швидкість затвердівання розплавлених часток. Це викликано як термічним впливом плазмового струменя на покриття, так і відносно низькою кінетичною енергією напилюваних часток, і як результат, – отримання з часток ГА сплетів великої товщини. Процес затвердівання товстих сплетів відбувається повільніше, ніж тонких, внаслідок чого і з”являється у покритті текстура. 6. В процесі дифрактометричних досліджень встановлено, що фазовий склад покриття, а також характеристика текстури змінюються по товщині шару у напрямку від поверхні покриття до границі розділу з основою. Це пов’язано з погіршенням умов охолодження напилюваних часток по товщині покриття, оскільки при поступовому збільшенні товщини покриття відведення тепла від часток відбувається через напилюваний шар. Так, зі збільшенням товщини покриття від 50 до 350 мкм ступінь текстури безперервно зростає, а коефіцієнт текстури зменшується відповідно від 0,72 до 0,34. Вміст АФ зі збільшенням товщини зменшується від 10 до 2 мас.%. 7. На основі результатів досліджень розроблено рекомендації щодо нанесення покриттів з ГА способом мікроплазмового напилювання, що дозволяють формувати на ендопротезах ГА-покриття з високим ступенем кристалічності (до 98%) та з мінімальними втратами матеріалу. Розроблена технологія успішно застосовується для нанесення покриттів з гідроксиапатиту на імплантати для міжтілового спондилодезу та кульшових суглобів. | |