**Пастух Ігор маркович. Фізико-технічна обробка поверхні металів безводневим азотуванням в тліючому розряді : Дис... д-ра наук: 05.03.07 – 2008**

|  |  |
| --- | --- |
|

|  |
| --- |
| **Пастух І. М. Фізико-технічна обробка поверхні металів безводневим азотуванням в тліючому розряді. – Рукопис.**Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.07 – процеси фізико-технічної обробки. – Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, Київ, 2008.Дисертація присвячена актуальній науково-технічній проблемі модифікації поверхні металів та металевих сплавів за допомогою вакуумно-дифузійних газорозрядних технологій безводневим азотуванням в тліючому розряді. Розроблені теоретичні основи процесу з позицій фізики електричного розряду в газовому середовищі та проведені експериментальні дослідження на промисловому устаткуванні, які підтверджують адекватність теоретичних положень практичним результатам. Вперше запропонована енергетична модель процесу на основі теорії формування енергетичного спектру падаючого потоку, реальне застосування результатів використання системи критеріїв, які слідують з цієї моделі, дозволяє аналізувати одержані результати обробки та проектувати технологічні процеси в залежності від необхідних за умовами експлуатації показників модифікації. Окремо розроблені питання, пов’язані з практичним застосуванням технології: керування технологічним процесом, устаткування для його реалізації, організаційно-економічні передумови. |

 |
|

|  |
| --- |
| В дисертації наведене теоретичне узагальнення і нове вирішення наукової проблеми теорії та практики вакуумно-дифузійних газорозрядних процесів модифікації металевих поверхонь безводневим азотуванням в тліючому розряді, яке виявляється в розробці і експериментальній перевірці наукових теоретичних основ процесу, інженерних методик проектування технології та устаткування, а також організаційно-економічних передумов для її реалізації. Як результат виконаних досліджень сформовані наступні основні висновки.1. За ареалом застосування вакуумно-дифузійна газорозрядна технологія модифікації поверхні металів азотуванням в тліючому розряді (АТР) може бути віднесена до процесів універсального призначення. АТР має ряд суттєвих переваг, що свідчить про важливість, практичну цінність та актуальність дослідження проблем теорії, реалізації та вдосконалення технології. Проте головні напрацювання, котрі характеризують сучасний стан питання, в основному включають чисельну базу технологічних режимів (в основному для аміачних газових середовищ), яка не має прийнятного теоретичного узагальнення, а також моделі, жодна з яких в повній мірі не може пояснити низку явищ, супутніх використанню технології. Останнє може випливати з недосконалості теоретичних основ процесу, котрі в більшості відомих робіт розглядаються в основному в аспекті дифузійних явищ в поверхневому шарі.2. На основі аналізу джерел обгрунтовано самостійний науковий напрямок – теорія та практика вакуумно-дифузійних газорозрядних процесів модифікації поверхні металів та їх сплавів, сформульовані завдання досліджень, вперше направлених в аспекті фізичних основ процесу як на розробку теорії, так і питань, пов’язаних з практичним застосуванням технології. Вперше теоретичне обгрунтування модифікаційних технологій даного типу базується на вихідних положеннях фізики електричного розряду в газових середовищах. Загальна методологія та окремі методики проведення досліджень як комплексу теоретико-експериментальних робіт вперше підпорядковані послідовному формуванню падаючого потоку, вивченню енергетики та складу падаючого потоку (з врахуванням і нейтральних часток), створенню моделі його взаємодії з металевою поверхнею з енергетичних позицій.3. Вперше розроблені оригінальні методики визначення ширини області катодного падіння напруги, впливу на неї параметрів технологічного процесу, а також обробки експериментальних даних багатофакторних моделей. Найбільш точно відображає сутність процесу термін „азотування в тліючому розряді”. На основі запропонованої ієрархії рівнів вибору параметрів, по яких узагальнюється інформація розроблено класифікації процесів обробки металів та технологій модифікації поверхні металів і їх сплавів, кваліфікованих як вакуумно-дифузійні газорозрядні, а також порівняні основні варіанти реалізації процесу.4. Вперше систематизовані стосовно АТР загальні теоретичні положення процесів, які мають місце в області катодного падіння (ОКП), встановлені основні фактори керування модифікацією. Вперше при формуванні падаючого на поверхню потоку враховані швидкі нейтральні частки, які виникають в ОКП в результаті резонансної перезарядки. На основі даних з джерел запропонована аналітична методика розрахунку імовірнісних характеристик елементарних процесів, які можуть мати місце в ОКП, проведено аналіз вагомості кожного з них. Одержані аналітичні залежності реально використовуються в програмних продуктах розрахунку формування падаючого потоку.5. Вперше на основі концепції базової швидкості розроблена імовірнісна модель зміни швидкості електрона в ОКП. Показано, що вона є основним впливовим фактором формування енергетичних характеристик розряду. Досліджено вплив параметрів технологічного процесу на характер зміни швидкості електронів, а також вперше розроблена теорія та методика ідентифікації зміни швидкості електронів в залежності від цих параметрів, при цьому вперше введено поняття приведеного газокінетичного перетину.6. Вперше теоретично пояснено екстремальний характер впливу тиску газового середовища на енергетичні показники розряду. Виконано співставлення результатів розрахунків електричних характеристик розряду, в основі яких лежать відзначені вище теоретичні положення, з експериментальними, при цьому незначна різниця між ними свідчить про прийнятність розробленої теорії формування падаючого потоку. На основі обробки експериментальних даних вперше запропонована теоретична методика розрахунку електричних характеристик розряду з врахування основних параметрів технологічного режиму.7. Розроблена аналітична основа та програмне забезпечення для розрахунку основних показників кінетики руху часток в електричному полі з врахуванням імовірнісних характеристик. Досліджено процес формування енергії іонів в полі та вплив на нього характеристик процесу, введено термін прошарку вільного пробігу, який дозволяє використовувати подібність ОКП. Вперше сформована імовірнісна модель руху частки в прошарку вільного пробігу, на основі імовірнісних підходів створена аналітична модель розрахунку кутових параметрів руху часток та їх взаємодії з поверхнею в залежності від характеристик технологічного процесу. Вперше розроблена аналітика ймовірності стартових точок останнього етапу руху частки, який є визначальним фактором для формування її енергетичного рівня, сформульовані допущення та аналітично описана імовірнісна модель енергетичного обміну при сутичках часток, вирішена задача генерації іонів певного сорту з врахуванням імовірності цих процесів. Вперше розроблена імовірнісна модель формування потоку швидких нейтральних часток, порівняні величини потоків заряджених та нейтральних часток, підтверджена вагомість останніх.8. Введено поняття опосередкованої частки, що з врахуванням імовірнісних характеристик створює умови для розробки моделі формування енергетичного спектру падаючого потоку (ЕСПП) та вирішення енергетичної задачі. Розроблена імовірнісна модель формування ЕСПП, вперше використано поняття відносного ЕСПП, яке дозволяє порівнювати потоки часток різного типу при довільній густині струму розряду, розроблена методика аналітичного опису ЕСПП в цілому та його складових, проведено аналіз та встановлено загальні принципи впливу параметрів технологічного режиму на енергетику процесу. Розроблено програмне забезпечення розрахунку ЕСПП в залежності від початкових характеристик процесу, вперше отримані та проаналізовані ЕСПП для різних варіантів технологічних режимів.9. Вперше створена імовірнісна енергетична модель взаємодії часток падаючого потоку з частками поверхні, введені терміни коефіцієнтів розпорошувальної та дифузійної дії падаючого потоку, які використані для формування системи критеріїв керування кінцевими результатами модифікації шляхом регулювання структури ЕСПП, досліджені поверхневі процеси при АТР, проведено аналіз та встановлено перелік реально можливих серед них. Обгрунтована методика визначення енергетичних критеріїв утворення нітридів.10. Проведено енергетичний аналіз відомих моделей АТР, який вказує на певні невідповідності їх реальним процесам. Вперше запропоновано енергетичну модель АТР, встановлено її принципову прийнятність, сформульовано головні положення енергетичної моделі. На основі аналізу зміни системи запропонованих критеріальних оцінок в залежності від параметрів технологічного режиму, а також співставленням їх з результатами модифікації металевих поверхонь різного типу, доказано зв’язок цих характеристик з реальними процесами та їх прийнятність для прогнозування та керування кінцевими результатами модифікації.11. Розглянуті загальні принципи керованості технологічним процесом. Встановлені і проаналізовані зв’язки факторів керування технологічним процесом, їх взаємний вплив та вплив на кінцеві результати модифікації. Сформована структура технологічного комплексу модифікації поверхні безводневим АТР. Проаналізовано та систематизовано багаторічний банк даних виконаних робіт по модифікації виробів, виготовлених більш ніж з 80 марок матеріалів, на основі чого розроблено типові технологічні режими процесу. Вперше розглянута задача аналітичного визначення впливу поверхневих локальних винятків на рівномірність концентрації поля та температури поверхневих шарів з можливими наслідками щодо результатів модифікації, досліджено рівномірність температури поверхні деталей в залежності від компонування садки та її вплив на енергетичні характеристики процесу модифікації та її наслідки, розроблені практичні рекомендації раціонального формування садки в залежності від параметрів технологічного режиму.12. Розроблені принципи формування загальної структури установок для безводневого АТР, встановлено функціональні зв’язки між окремими складовими устаткування, створена система класифікації конструктивних схем устаткування, проведено аналіз можливих конструктивних варіантів, напрацьовані практичні рекомендації стосовно вибору варіантів конструкції, визначені їх сучасні тенденції. Вперше викладена методика формування основних розмірів розрядних камер, розроблена інженерна методика розрахунків всіх конструктивних елементів розрядних камер та оптимізації їх конструкції. Розроблена, запатентована і успішно застосована гама устаткування промислового призначення, в тому числі – блочно-модульного типу, а також окремих його систем та пристроїв, котрі забезпечують суттєво менші енерговитрати та кращу надійність.13. Вперше розроблена система економічних критеріїв формування конструктивної схеми устаткування, наведені дані для укрупненого розрахунку економічних показників процесу. Обгрунтовані концепції профілактичної обробки та сервісних центрів. Класифіковані допоміжні операції, розроблено механізм їх нормування. |

 |