

Це пояснюється наявністю на поверхні тертя азоту і нітридних сполук, що виникають після азотування, їх антифрикційними властивостями та вищою твердістю і корозійною стійкістю модифікованих шарів.

На рис. 3 наведена кінетика зношування зразків титану VT1-0, що зміцнювалися за різними режимами, залежно від шляху тертя. З рис. 3 видно, що зразки, які зміцнювались за комплексною технологією (криві 1 і 2) на початку випробувань мали період припрацювання на шляху до 500 м і подальший період нормального зношування з постійною інтенсивністю на шляху до 3 000 м для зразків, оброблялись з малим оплавленням і 4 000 м для зразків, що оброблялись з великим оплавленням. В подальшому інтенсивність зношування різко збільшувалась в зв'язку із стиранням модифікованого шару.

Зразки, що не азотувалися після лазерної обробки, на шляху тертя 200–300 м мали повністю зношений модифікований шар з наступним катастрофічним зносом.

Висновки. Таким чином, проведені дослідження показали, що застосування комплексної технології зміцнення титану VT1-0 з використанням лазерної обробки і наступним азотуванням в тліючому розряді дозволяє значно підвищити (на 2 порядки) зносостійкість поверхневого шару в агресивному середовищі рідини Рінгера в порівнянні з немодифікованим титаном.

Література

Загородний Н.В. Титановые сплавы в эндопротезировании тазобедренного сустава. / [Н.В. Загородний, А.А. Ильин, В.Н. Карпов, А.М. и др.] // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Пирогова. – 2000. – № 2. – С. 73–75.

Солонина О.П. Жаропрочные титановые сплавы / О. П. Солонина, С. Г. Глазунов. – М. : Металлургия, 1976 – 448 с.

Цвиккер У. Титан и его сплавы / У. Цвиккер ; [пер. с нем. под ред. О. П. Елютина и С. Г. Глазунова]. – М. : Металлургия, 1979. – 512 с.

Hench L.L. Bioceramics / L.L. Hench // J. Am. Ceram. Soc. – 1998. – 81, №7. pp. 1705–1727.

Каплун В.Г. Вплив низькотемпературного азотування в тліючому розряді на зносостійкість пари «титан-титан» / [Каплун В.Г., Машовець Н.С., Розенберг О.О., Шейкін С.Є.] // Вісник двигунобудування. – 2011. – № 1. – С. 67–73.

Надійшла 11.9.2011 р.

УДК 621.78/(66.088+537.52+66.046)

І.М. ПАСТУХ, М.В. ЛУК'ЯНЮК, В.О. КУРСКАЯ

Хмельницький національний університет

КЛАСИФІКАЦІЙНІ КРИТЕРІЇ ПРОЦЕСІВ АЗОТУВАННЯ В ТЛІЮЧОМУ РОЗРЯДІ З НЕСТАЦІОНАРНИМ ЖИВЛЕННЯМ

Розглянута структура та взаємозв'язок головних складових процесів азотування в тліючому розряді з непостійним живленням.

A structure and intercommunication of making processes of nitriding in glow discharge with the variable delivery is considered.

Ключові слова: азотування, тліючий розряд, нестационарне живлення, класифікація.

Модифікаційні процеси, в основі яких лежить використання вакуумно-дифузійних газорозрядних технологій, класифіковані в [1], при цьому була обґрунтована і призначена, як найбільш доцільна, наступна ієрархія рівнів вибору параметрів, за якими буде узагальнюватися інформація: фазовий склад середовища, що містить активний елемент модифікації; його стан; тип процесу модифікації; активатор процесу. Наведена система класифікаційних критеріїв відповідала поточним задачам дослідження, а саме – створенню моделі процесу та аналітичних характеристик, за допомогою яких було обґрунтовано енергетичний підхід до розгляду всіх явищ, котрі характерні саме для цього варіанту модифікації металевих поверхонь. Проте, в якості головної початкової гіпотези була прийнята умова незмінності електричних параметрів розряду протягом всієї фази обробки. Як відомо, таких параметрів два – напруга U між електродами, негативний з яких у звичайному варіанті модифікації комутований з об'єктом модифікації, позитивний – навпаки з розрядною камерою; густина струму j . З деякими умовностями можна вважати, що міжелектродна напруга в основному формує енергію часток падаючого потоку, а густина струму – його інтенсивність. З цієї причини теза про мінімум питомої потужності [2], як критерій найбільш результативного та оптимального режиму модифікації, безсумнісний, оскільки одне і теж значення потужності може бути отримане як безкінечна кількість варіантів добутків зазначених вище параметрів, проте результати обробки, очевидно, при цьому можуть бути діаметрально протилежними. Дійсно, при значних напругах, але малому струмові (густині струму) може спостерігатись інтенсивне розпорощення поверхні, що характерне для фази катодної очистки поверхні, і, навпаки – при протилежній комбінації цих основоположних характеристик такими, що

превалюють, будуть процеси утворення нітридів та дифузії азоту в глибину поверхні. Реально, навіть в тих процесах модифікації, котрі складаються з однієї фази в часі зі стабільними параметрами режиму, напруга може кваліфікуватись як умовно постійна, оскільки будь-яке джерело живлення, що в загальному вигляді складається з регулятора напруги, трансформатора та випрямляча, на виході неминує формувати певні більші чи менші пульсації. Далі, в міру нагрівання об'єкту модифікації при виході на режимні параметри електричні характеристики автоматично змінюються аж до повної стабілізації, коли вся система приходить в рівновагу, оскільки настає її тепловий баланс. Нарешті, в міру зміни структури модифікованого поверхневого шару змінюється характер взаємодії падаючого потоку з поверхнею, що також в умовах стабілізації температури поверхні може вимагати певної корекції електричних характеристик розряду. Таким чином, електричні параметри головного інтенсификатора вакуумно-дифузійної газорозрядної модифікації реально не можуть бути стабільними. Оскільки ж вони, як зазначалось вище, в основному формують інтенсивність всіх елементарних процесів (субпроцесів), з яких складається власне модифікація, то коригована його енергетична модель повинна враховувати саме цю обставину як першооснову.

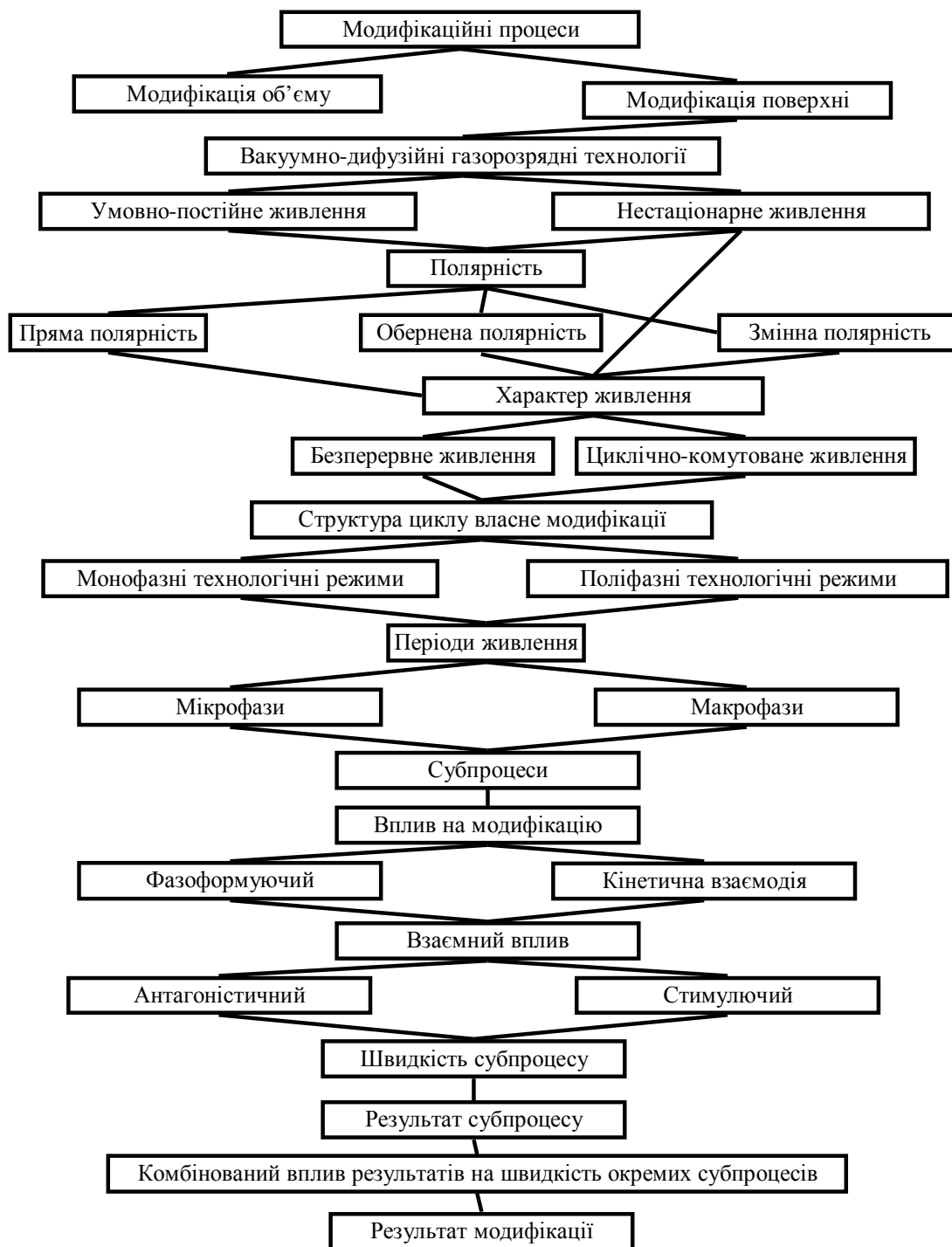


Рис. 1. Загальна структура факторів класифікації та їх вплив на результат модифікації

Із зазначених вище обставин логічно слідує висновок стосовно необхідності внесення коректив,

насамперед, в структуру класифікаційної моделі, оскільки подальші дослідження процесу модифікації в його більш уточненому варіанті вимагають, в першу чергу, детальнішої, хоча і значно складнішої системи взаємозв'язків складових. Схема уточненої класифікації наведена на рис. 1. До цієї схеми слід навести деякі додаткові пояснення. В [1] викладені результати експериментів зі зворотною полярністю та їх аналіз з точки зору положень енергетичної моделі. В принциповому плані може застосовуватись процес у розряді зі змінною напругою як комбінація варіантів з прямою та оберненою полярністю. В разі успішної реалізації цього варіанту живлення відпала б необхідність випрямлення струму. Проте, ускладнилась би аж до неможливості реалізація довільної форми вихідної напруги. В загальному вигляді нестационарне живлення може бути безперервним чи циклічно-комутованим, іншими словами – переривчастим.

Стосовно структури власне процесу модифікації, то в загальному вигляді він може бути монофазним, тобто складатись з однієї фази, або багатofазним (поліфазним), при цьому послідовно реалізується декілька фаз. В будь-якому випадку кожна фаза може бути за тривалістю макро- або мікрофазою. Насамперед, поняття моно- і поліфазності передбачає аналіз періодів, з яких складається власне процес модифікації, тривалість котрих може порівнюватись із загальною тривалістю модифікації.

Прикладом поліфазних процесів можуть служити режими, параметри яких ступінчато змінюються декілька раз протягом модифікації, в тому числі – процеси, коли температура періодично зростає з певною витримкою в часі, що сприяє збільшенню глибини модифікованого шару. Коли ж мова йде про макро- і мікрофазу, то слід, насамперед, зазначити, що тривалість періодів цих фаз найбільш логічно порівнювати з тривалістю переходу тліючого розряду в дуговий. Іншими словами, мікрофазою слід вважати період циклічно змінюваного сигналу (напруги між електродами, причому – необов'язково стабільної), тривалість якого не перевищує час, достатній для того, щоб тліючий розряд перейшов в дуговий. Як відомо, саме це явище створює суттєві проблеми для стабілізації тліючого розряду в розрядній камері, особливо – у випадку умовно постійного живлення.

Основні субпроцеси вакуумно-дифузійних газорозрядних технологій, як це було встановлено раніше [1], наведені на рис. 2

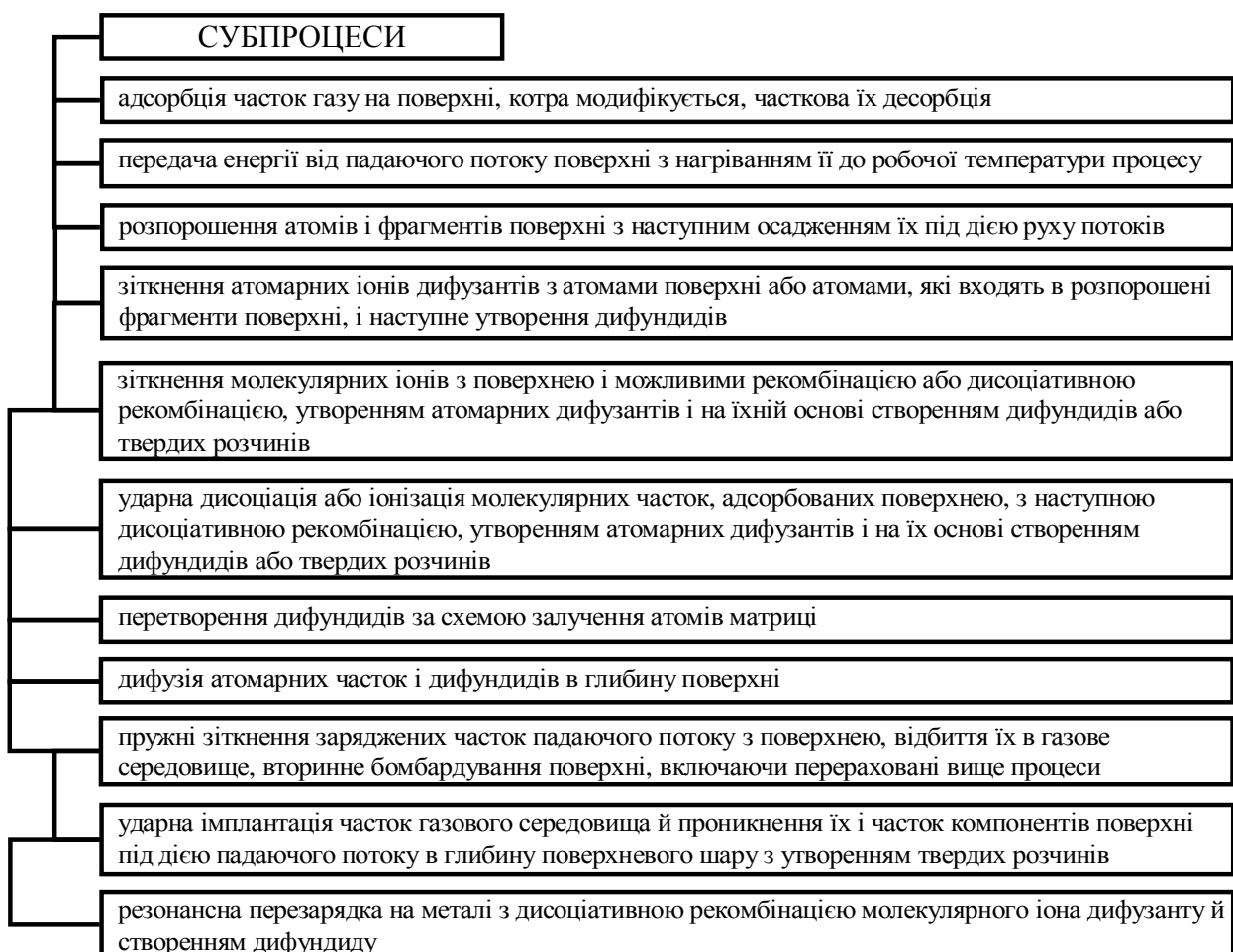


Рис. 2. Система субпроцесів вакуумно-дифузійної газорозрядної технології модифікації металевої поверхні

Слід, насамперед, в коментарях до рис. 2 нагадати, що загальний термін «дифундид» та похідні від нього використані з тієї причини, що в принциповому плані вакуумно-дифузійні газорозрядні технології можуть бути реалізовані у вигляді азотування, цементації, борування та їх комбінацій. З цієї ж причини використано термін «дифузанти» (аналогічно відповідно – азот, вуглець, бор). Результат впливу на

модифікацію тих чи інших субпроцесів може бути різним в тому сенсі, що одні з них безпосередньо чи через інші субпроцеси формують фазовий склад модифікованої поверхні, другі ж тільки впливають на кінетику взаємозв'язаних з ними субпроцесів. З цієї позиції взаємний вплив субпроцесів може бути як стимулюючий, тобто таким, що сприяє росту швидкості, так і антагоністичним з протилежною взаємодією.

Результатом подібного комбінованого взаємовпливу в певний момент процесу стає швидкість конкретного субпроцесу, котра є функцією не тільки системи інших субпроцесів, але і їх взаємодії

$$V_k = v(R_1, R_2 \dots R_m, P_1, P_2 \dots P_n),$$

де k – індекс досліджуваного субпроцесу,

R – результат певного субпроцесу, кількість яких в моделі процесу модифікації від одиниці до m ,

P – параметр технологічного режиму, число яких в моделі процесу модифікації від одиниці до n .

З іншої сторони сам результат будь-якого субпроцесу в певний момент часу залежить від закону зміни функції його швидкості. Таким чином, очевидно, що реальна модель процесу модифікації як сукупності взаємодії та взаємовпливу всіх суттєвих факторів, що характеризують модифікаційний процес, представляє суттєво складну конструкцію. Природно, що з врахуванням складу модифікаційного процесу, відображеного на рис. 2, його модель представлятиме надзвичайно складну систему як в теоретичному, так і в прикладному планах. Тому для практичного оперування цією моделлю найбільш ймовірною стане необхідність додаткового аналізу вагомості кожного із субпроцесів з вичлененням тільки найбільш впливових. Ця процедура ще й має важливе значення з тієї точки зору, що саму суть переваг модифікації з використанням тліючого розряду з нестационарним живленням становить можливість оперативного корегування ходом формування структури модифікованого шару за рахунок штучного стимулювання субпроцесів, які в даний конкретний момент сприятимуть першочерговій реалізації тих з них, що мають вирішальне значення для отримання триботехнічної системи з заданими властивостями. Створення моделі подібних процесів дозволить не тільки забезпечити автоматизацію модифікаційних технологій, але й також забезпечити можливість керованої їх реалізації.

Висновок. Наведена вище аргументація призводить до висновку, що при переході на нестационарне живлення тліючого розряду, який виступає інтенсифікатором модифікаційного процесу з використанням вакуумно-дифузійної газорозрядної технології, в його енергетичну модель повинні бути внесені певні корективи.

1. Енергетичний спектр падаючого потоку при модифікації з нестационарним живленням повинен враховувати не тільки розподіл за енергетичними рівнями, першоосновою для якого є кінетика формування падаючого потоку, але і змінний в часі характер параметрів режиму.

2. Відносний енергетичний фактор слід трансформувати в приведений відносний енергетичний фактор, в якому враховується змінний характер дії енергетичного спектру падаючого потоку.

Література

1. Пастух И.М. Теория и практика безводородного азотирования в тлеющем разряде / Пастух И.М. – Харьков, Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт», 2006. – 364 с.
2. Арзамасов Б.Н. Ионная химико-термическая обработка сплавов / Арзамасов Б.Н. – М. : Из-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 400 с.

Надійшла 16.9.2011 р.

УДК 621.891

О.О. АБРАМОВ, В.П. ВЕЛЬБОЙ, М.О. ДИХА
Хмельницький національний університет

ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ РОЛИКІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ЗМІЦНЮВАЛЬНОЇ ОБРОБКИ

Представлено комплексну технологію виготовлення деталей типу "ролик" методом порошкової металургії на основі матеріалу з твердого сплаву для використання в якості оброблювального інструменту для електро-механічної обробки тіл обертання з метою підвищення зносостійких властивостей.

It is presented the complex technology of making of details of type roller by the method of powder-like metallurgy on the basis of material from a hard alloy for the use as of processing instrument for electro- tooling of bodies of rotation with the purpose of rise of wearproof properties.

Ключові слова: електро-механічна обробка, ролик, твердий сплав, технологія виготовлення, зносостійкість.

Вступ. На основі методів фінішної обробки (шліфування, хонінгування, доведення) досягається необхідна форма деталей із заданою точністю, але не завжди забезпечуються необхідні властивості поверхневого шару. Тому одним з головних завдань досліджень в галузі машинобудування є розробка