

УДК 620.193.16

Д.В. Здоренко – аспірант, Є.Г. Олександренко – аспірант
Хмельницький національний університет, Україна

АЗОТУВАННЯ ДОВГОМІРНИХ ОТВОРІВ

Практично всі кінематичні пари тертя з поступальним рухом конструктивно відносяться до категорії довгомірних отворів, тобто відношення довжини (глибини) отвору до його діаметрального розміру перевищує значення чотирьох. Цей показник обґрунтовується тим, що процес азотування подібних конструктивних елементів аналогічний за своєю природою розряду з пустотілим катодом [1]. З теорії цього процесу відомо, що реально електричне поле проникає всередину отворів на глибину не більше двох діаметральних розмірів. При цьому слід врахувати, що цей показник відноситься до межі поля, де напруженість складає всього біля двох відсотків від номінального значення на торці отвору. Числовий критерій віднесення до категорії довгомірних отворів в кількості чотирьох діаметрів стосується конструкцій в яких отвори наскрізні. Для глухих отворів значення критерію може бути зменшене до двох. Зміцнення внутрішньої поверхні зі збільшенням зносостійкості особливо актуальне для плунжерних пар паливних насосів, матеріальних циліндрів термoplastавтоматів тощо.

Азотування проводилось на установці для безводневого азотування УАТР-1. Для реалізації циклічно-комутованого режиму установки блок живлення додатково укомплектовано Т-подібним РС - згладжуючим фільтром та спеціально розробленим контролером переривчастого режиму (КПР), який включає силовий електронний ключ ЕК з пристроєм керування та захисту [2].

Експериментальні дослідження проводились на моделі, яка представляє собою пустотілий циліндр, в якому на різних відстанях від торця просвердлена серія радіальних отворів. В ці отвори вставляються зразки діаметром 6 мм і довжиною 21 мм виготовлені з різних сталей. Таким чином, кожний зразок азотується з двох торців, що дає можливість по-перше, азотувати із зовні та з середини моделі при практично однаковій температурі, по-друге, порівнювати результати азотування двох поверхонь, при цьому різниця в умовах полягає лише в розташуванні цих поверхонь – зовнішнє чи внутрішнє. Всі інші фактори, які могли б впливати на результати модифікації практично ідентичні.

В якості газового середовища використовувалась азотно-аргонова суміш із співвідношенням компонентів по об'єму 75 % азоту і 25 % аргону. Зразки встановлювались в радіальні отвори і утримувались там за рахунок певного натягу. Цим досягалась не тільки утримання зразків в отворах, але і також відсутність горіння біля торців зразків при живленні розряду постійним струмом. Небезпека цього явища цілком реальна, оскільки спостерігається вже при зазорах порядку 0,5 мм. В той же час використання подібного методу фіксації зразки значно спрощує конструкцію моделі, виключивши з неї пристрої типу гвинтових затискачів, цанг і т. п.

Параметри технологічного режиму представлені в таблиці 1. В режимі 1 використовувався циклічно-комутований розряд, в режимах 2 і 3 – постійне живлення.

Таблиця 1 – Технологічні параметри азотування

Номер режиму	Температура, °C	Напруга, В	Тиск в камері, тор	Тривалість, години	Особливості режиму
1	560	730	1,2	6	Переривчастий розряд
2	560	730	1,2	6	Модель відкрита з двох сторін
3	560	730	1,2	6	Один торець закритий

Для аналізу прийнято принцип порівнювання відносних значень поверхневої мікротвердості. На рисунку 1 показана зміна відношень мікротвердості по глибині модифікованого шару відповідно до мікротвердості на торці зразка.

В режимі 1 (рис. 1) розподіл мікротвердості кращий (верхня крива) оскільки мікротвердість по глибині шару зменшується більш плавно порівняно з іншими режимами. Очевидним висновком з рисунку 1 є той, що змінюючи технологію, можна забезпечити необхідну якість азотування отворів з відносно малим діаметром. При цьому найбільш перспективним слід вважати застосування циклічно-комутованого розряду.

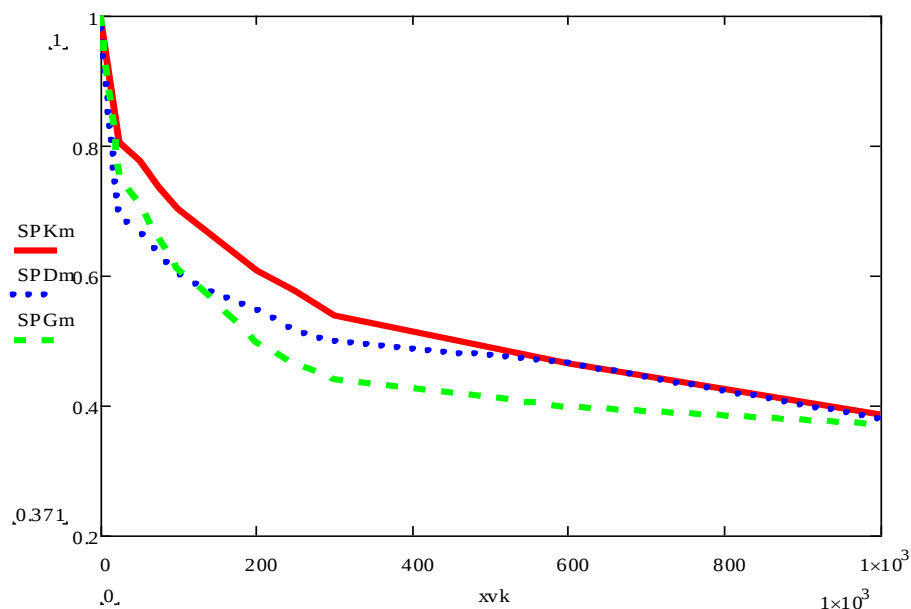


Рис. 1. Розподіл відношення мікротвердості по товщині азотованого шару до мікротвердості на торці: 1 – режим 1; 2 – режим 2 і 3 – режим 3

Очевидним висновком з рис. 1 є той, що змінюючи технологію, можна забезпечити необхідну якість азотування отворів з відносно малим діаметром. При цьому найбільш перспективним слід вважати застосування циклічно-комутованого розряду.

Попередні теоретичні міркування про можливість азотування внутрішніх поверхонь довгомірних отворів є експериментально доказана можливість накачування іонів азоту у внутрішню порожнину отвору за рахунок ефекту їх руху по інерції в момент зміни напруги розряду аж до повного зникнення її у випадку циклічно-комутованого розряду.

Література

1. Пастух И. М. Теория и практика безводородного азотирования в тлеющем разряде / И. М. Пастух. – Х. : Нац. научный центр «Харьковский физико-технический институт», 2006. – 364 с.
2. Курской В. С., Люховец В. В., Здибель О. С. Апаратна реалізація живлення циклічно-комутованого розряду в установках азотування. // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2017. – № 3. – С. 27–31.