

**УДК 620.193.1**

**М.С. Стечишин, докт. техн. наук, проф., О.В. Диха, докт. техн. наук, проф.,  
А.В. Мартинюк, канд. техн. наук, доц., Н.М. Стечишина, канд. техн. наук, доц.,  
В.В. Люховець, ст. викладач**  
Хмельницький національний університет, Україна

## **ЗНОСОСТІЙКІСТЬ АЗОТОВАНИХ ОТВОРІВ З ВІДНОСНО МАЛИМ ДІАМЕТРОМ**

**Stechyshyn M.S., Dr. Prof., Dykha O.V., Dr. Prof., Martynyuk A.V., Ph.D. Assoc,  
Stechyshyna N.M., Ph.D. Assoc. Lyuhovec V.V., Senior Lecturer**

### **WEAR RESISTANCE OF NITRODED HOLES WITH RELATIVELY SMALL DIAMETER**

Практично всі кінематичні пари тертя з поступальним рухом сільгоспмашин конструктивно підпадають під категорію отворів з відносно малим діаметром, тобто відношення довжини (глибини) отвору до його діаметрального розміру перевищує значення чотирьох. Цей показник, прийнятий в якості критерію геометричних співвідношень, обґрунтовується тим, що процес азотування подібних конструктивних елементів аналогічний за своєю природою розряду з пустотілим катодом. З теорії цього процесу відомо, що реально поле проникає всередину отворів на глибину не більше двох діаметральних розмірів [1]. Спроби азотувати подібні конструктивні елементи в тліючому розряді з постійним живленням тільки підтверджують теоретичні висновки, які наведені вище. Попереднім теоретичним обґрунтуванням можливості азотування внутрішніх поверхонь отворів з відносно малим діаметром може служити теза стосовно 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 (ЦКР) [2].

Експериментальні дослідження проводились на моделі, що являє собою пустотілий циліндр, в якому на різних відстанях від торця просвердлена серія радіальних отворів. В ці отвори вставляються взірці, виготовлені з різних сталей.

Наявність серії радіальних отворів створює можливість одночасного азотування взірців, виготовлених з різних сталей при однакових параметрах технологічного процесу, що суттєво прискорює експериментальні дослідження. Повна довжина моделі 400 мм, діаметр отвору 40 мм. Таким чином найбільший коефіцієнт відношення довжини отвору до його діаметра склав 10. Азотування зразків із сталі 45 проводилось на установці для безводневого азотування УАТР-1. В якості газового середовища використовувалась азотно-аргонова суміш із співвідношенням компонентів по об'єму 75 % азоту і 25 % аргону. Взірці встановлювались в радіальні отвори і утримувались там за рахунок певного натягу. Цим досягалась не тільки утримання взірців в отворах, але і також відсутність горіння в околі торців взірців при живленні розряду постійним струмом.

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

На рисунку 1 показана зміна поверхневої мікротвердості модифікованого шару сталі 45 по висоті труби відповідно зі сторони внутрішніх торців при різних режимах азотування.

Таблиця 1 – Технологічні параметри азотування

Номер режиму	Температура, °С	Напруга, В	Тиск в камері, тор	Тривалість, години	Особливості режиму
1	560	730	1,2	6	ЦКР
2	560	730	1,2	6	Модель відкрита
3	560	730	1,2	6	Модель закрита

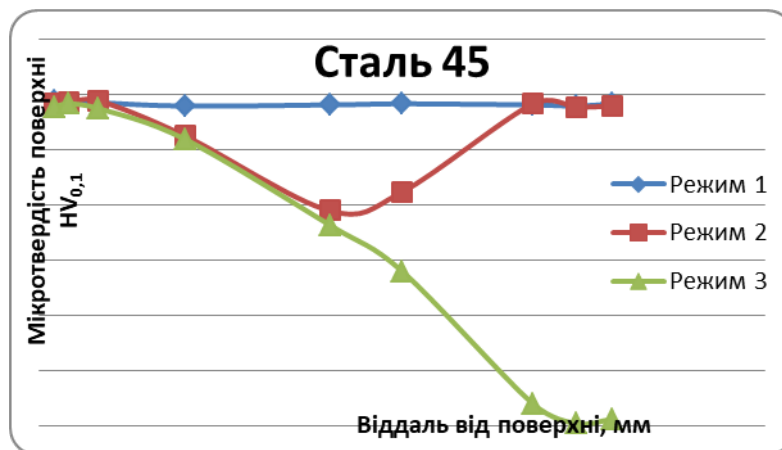


Рис.1 – Зміна мікротвердості по глибині азотованого отвору в трубі залежно від режиму зміцнення

Як видно із рис.1, при азотуванні в ЦКР (режим 1) поверхнева мікротвердість по висоті труби модифікованого шару сталі 45 відповідно зі сторони внутрішніх торців залишається постійною, а при азотуванні постійним струмом вона знижується і сягає мінімуму для зразків розміщених по центру труби (режим 2). Для режиму 3 (глухий отвір) поверхнева мікротвердість постійно знижується і для верхнього зразка досягає вихідної величини. Отримані рентгенограми підтверджують цей висновок.

Експериментальні дослідження зразків на зносостійкість проводились на універсальній машині для випробування матеріалів на тертя моделі 2168УМТ. Матеріал контртіла – сталь ШХ15 із твердістю основи HRC61; тиск у зоні контакту  $P = 16$  МПа; швидкість ковзання  $v = 0,1$  м/с; контрольований параметр – лінійний знос  $h$ , що визначався як зміна у результаті проходження ділянки довжиною  $l$  лінійного розміру взірця, виміряного по нормалі до поверхні тертя. Випробування проводили в режимі сухого тертя, яке характерне для багатьох деталей сільгоспмашин.

Результати трибологічних випробувань показали, що азотування в ЦКР є досить ефективним способом зміцнення внутрішніх поверхонь довгомірних отворів.

### Література

1. Москалев Б. И. Разряд с полым катодом / Б. И. Москалев. – М. : Энергия, 1969. – 184 с.
2. 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.