

УДК 621.785.5: 621.793.6

Смирнов І. В., докт. техн. наук, професор,

Чорний А.В., канд. тех. наук, доцент,

Лисак В.В., ст. викладач,

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського», м. Київ,

[smirnovkpi@gmail.com](mailto:smirnovkpi@gmail.com)

## ЗМІЦНЕННЯ СТВОЛІВ ВОГНЕПАЛЬНОЇ ЗБРОЇ АЗОТУВАННЯМ В ІМПУЛЬСНОМУ РЕЖИМІ

Прагнення підвищити ресурс стволів вогнепальної зброї викликає безліч досліджень і технічних пропозицій, таких як: застосування спеціальних сталей, термічної та хіміко-термічної обробки, нанесення зносо- та ерозійностійких покриттів тощо.

Аналіз видів зношування, присутніх в стволах сучасної автоматичної зброї показав, що досягнення граничного стану експлуатації обумовлено протіканням процесу циклічної повзучості, неприпустимим змінам початкової геометрії нарізів, розвитком сітки теплових втомних тріщин, які порушують суцільність поверхні каналу ствола в цілому. Вид зношування, залежить від ряду факторів, серед яких вирішальне значення має температура поверхні каналу ствола перед черговим пострілом.

Мета роботи полягала в зміцненні стволів вогнепальної зброї за рахунок формування зносостійких поверхневих шарів в каналі ствола імпульсно-плазмовим азотуванням.

Перспективним напрямком керування структурою і експлуатаційними властивостями внутрішніх поверхонь стволів є застосування імпульсно-плазмових технологій. Даний підхід базується на поєднанні імпульсного розряду для створення плазмового потоку елементів - дифузантив (азот, вуглець, бор тощо) та імпульсного зміщення потенціалу підкладки для іонної імплантації або модифікації поверхні з переходом до пакетно-імпульсного режиму збудження індукційного розряду, що є новим та оригінальним. Імпульсна модуляція (періодичне переривання) струму газового розряду або напруги негативного зміщення підкладки зменшує середню потужність теплового навантаження на електроди (катод, анод, електроди сепараторів та ін.). Досліди проводили на трубчастих зразках зі сталі 40ХН2МА, які служили порожнім катодом із внутрішнім діаметром 12 мм і розміщеним в середині стрижневим анодом.

Для реалізації процесу модернізована іонно-плазмова установка ВУ-1Б, яка була оснащена модулятором високочастотних імпульсів. Режимні параметри варіювали в широких межах: частота імпульсів – 10-15 кГц; скважність – 2-3; напруга – 0,8-1,5 кВ, струм – 0,5-1 А, тиск робочого газу в камері – 250-500 Па, тривалість процесу - 4-6 год.

Застосування імпульсного режиму з частотою 10–15кГц забезпечує стійкість процесу дифузійного насичення поверхні без електричних пробоїв та дугоутворення. Важливу роль в даному процесі відіграє скважність імпульсів, зменшення якої призводить до локалізації об'єму плазми в трубчастому зразку. Це можна компенсувати збільшенням напруги, але це викликає на поверхні зразка перегрів, що призводить до не бажаних структурних перетворень.

В результаті імпульсно-плазмової обробки трубчатого зразка в середовищі газової суміші азоту та аргону, мікротвердість внутрішньої поверхні збільшилась з 2 до 5 ГПа, що відобразилося на підвищенні відносної зносостійкості у 2–4 рази.

Таким чином, для зміцнення стволів доцільне застосувати імпульсно-плазмові азотування в плазмі тліючого розряду високої частоти, яке має низку переваг у порівнянні із відомими аналогами іонного азотування в стаціонарних умовах. Значно підвищується ефективність та продуктивність процесу за рахунок збільшення ступеня іонізації плазми та енергії іонів робочого газу, зменшується середня потужність теплового навантаження, що дозволяє обробляти теплочутливі сталі без ризику структурних перетворень.