

УДК 623.412:621.791.9

М. Ю. КАХОВСЬКИЙ,*науковий співробітник**(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)***М. П. ІЩЕНКО,** *генеральний директор,**Виробничо-комерційне товариство з обмеженою відповідальністю «МІМ», м. Київ.***А. Л. ЛУКОМНИК,** *науковий співробітник**(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)*

Технологія відновлення стволів танкових та артилерійських гармат

Проаналізовано проблеми, пов'язані з руйнуванням та виходом з ладу каналів стволів, розглянуті можливості ремонту артилерійських та танкових гармат в Україні. Запропоновані технології та матеріали, що можуть покращити характеристики відновлених стволів.

Проанализированы проблемы разрушения и выхода из строя каналов стволов, рассмотрены возможности ремонта артиллерийских и танковых орудий в Украине. Предложены технологии и материалы, которые могут улучшить характеристики восстановленных стволов.

Умови проведення антитерористичної операції на сході України вимагають застосування проти збройних терористичних формувань наявного артилерійського озброєння. У результаті застосування артилерійських систем відбувається їх зношення і тим самим зменшення ресурсу, що викликає нагальну потребу у відновленні. Після певної кількості пострілів ствол артилерійської (танкової) гармати приходиться у стан, при якому подальше використання за призначенням неможливе.

Переважна більшість танків та артилерійських систем, що знаходяться на озброєнні, експлуатуються вже не один десяток років і за цей час лише ремонтувалися в обсягах встановленого регламенту. Використання боєприпасів різних серій та років випуску з вельми широким розкидом характеристик є додатковим фактором погіршення обтюрації.

Використання гармати з погіршеними характеристиками (зносом) ствола викликає розкид точок влучення, що збільшує потрібну на виконання бойової задачі витрату боєприпасів. У разі ненормованого обтюраційного зносу каналу ствола зменшується вірогідність ураження цілі, що обумовлюється зміною зовнішніх балістичних характеристик боєприпасів (суттєве падіння початкової швидкості, прояви динамічної нестабільності боєприпасу на траєкторії тощо).

Вивченню зносу стволів гармат присвячений цілий ряд наукових праць [1–4], у результаті яких визначено, що скорочення терміну служби ствола відбувається внаслідок його зносу і розпалу каналу. Під терміном «знос» мається на увазі механічна зміна розмірів каналу ствола, що являє собою збільшення діаметра каналу, а також зміну профілю його поперечного перерізу. Під терміном «розпал» слід розуміти явища, викликані ерозійним впливом порохових газів на поверхні шару металу каналу ствола.

Розвиток технологій підвищення зносостійкості каналу гарматного ствола полягає в застосуванні окислення, спеціальних видів цементації, наклепу, хромування тощо, які дозволяють суттєво підвищити його живучість. Наприклад, середній ресурс ствола гармати 2А46 становить близько 160 пострілів бронебійно-підкаліберними снарядами (БПС), тоді як на гарматі 2А46М, завдяки введенню хромування ствола, цей показник доведений до 220 пострілів [4]. Однак технологічний процес електрохімічного хромування ствола має ряд недоліків, шкідливо впливає на здоров'я технічного персоналу підприємства і потребує вирішення екологічних проблем стічних вод.

Станом на початок 2013 року живучість ствола вітчизняної танкової гармати КБА-3, виготовленої з конструкційної легованої сталі 38ХНЗМФА, становила до 200 пострілів БПС, у зв'язку з чим питання збільшення живучості її ствола було вкрай актуальним. З цією метою в Інституті електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України проведені дослідження із застосуванням лазерної термічної обробки внутрішньої поверхні каналу. За розробленою технологією була виготовлена невелика дослідна партія гармат КБА-3, яку передали для проведення випробувань на Харківський завод ім.

В. О. Малишева. Випробування показали підвищення стійкості стволів до зносу від пострілів БПС приблизно на 30%. Але, не зважаючи на підвищення характеристик, подальші дослідження відстріляних стволів показали, що в процесі функціонування доріжки лазерної термічної обробки відбувається послаблення міцності каналу ствола внаслідок термічного відпуску, викликаного порівняно низькою жаростійкістю сталі 38ХНЗМФА. Також було встановлено, що зміцнений лазерною термічною обробкою шар високої твердості виявився практично нестійким до порохової ерозії [5, 6].

Незважаючи на поступове збільшення експлуатаційного ресурсу гарматних стволів внаслідок застосування нових технологій питання відновлення відпрацьованих стволів все ж залишається.

Переплавлення відпрацьованих стволів гармат, виготовлених з дорогої сталі, на нові є економічно невигідним, тому на даний час один з відомих методів ремонту танкових та артилерійських гармат полягає у висвердлюванні зношеного шару всередині ствола та вставлення в нього тонкостінної труби з високоякісної сталі, що називається лейнером.

Не дивлячись на простоту, на перший погляд, даної технології ремонту, застосування лейнерів має певний ряд недоліків, серед яких необхідність використання стволових сталей з дуже високими механічними характеристиками і складність їх виготовлення. Тому сучасні гармати, в більшості випадків, мають стволи-моноблоки, які після руйнування внутрішнього шару замінюють на нові [7].

За останні 20 років, у зв'язку з бурхливим розвитком технологій нанесення покриттів (детонаційні комплекси, мікроплазмове обкладання, лазерні технології та ін.), можливістю створення нових матеріалів для конкретних задач та розвитком порошкової металургії, змінився і підхід до відновлення зношених дорогих частин в високотехнологічних галузях, таких як військово-промисловий комплекс, атомна енергетика, авіаційна промисловість, суднобудівна галузь тощо.

Як показала практика, використання вищезгаданих технологій ремонту надає можливість відновлення зношених деталей, замість заміни їх на нові, а крім того, сприяє підвищенню післяремонтного ресурсу [8]. Застосування перспективних технологій відновлення дозволяє частково зменшити собівартість ремонту внаслідок використання основної деталі з недорогого матеріалу та нанесення на її робочу поверхню високоякісного сплаву із заданими характеристиками.

Одним з можливих варіантів відновлення ресурсу відпрацьованих стволів артилерійських та танкових гармат є розроблення технології плазмового наплавлення покриттів на поверхню каналу ствола. При плазмовому наплавленні джерелом теплоти є плазмова дуга, а присадним чи електродним матеріалом - суцільний чи порошковий дріт, нерухома присадка у вигляді литих чи спечених кілець або гранульований порошок.

Завдяки можливості регулювання в широкому діапазоні співвідношення між тепловою потужністю дуги і подачею присадного (електродного) матеріалу більшість способів плазмового наплавлення забезпечує

досить високу продуктивність при мінімальному проплавленні основного металу.

Під плазмою мається на увазі високотемпературний сильно іонізований газ, що складається з молекул, атомів, іонів, електронів тощо. При дугової іонізації газ пропускають через канал і створюють дуговий розряд, тепловий вплив якого іонізує газ, а електричне поле створює спрямований плазмовий струмінь. Газ подається під тиском у 2...3 атм, у його середовищі збуджується електрична дуга силою струму 400...500 А та напругою 120...160 В. Іонізований газ досягає температури 10...18 тис. °С, а швидкість потоку - до 15 000 м/с. Плазмовий струмінь утворюється в спеціальних пальниках - плазмотронах. Катодом у цьому випадку є неплавкий вольфрамовий електрод.

Перевагами плазмового порошкового наплавлення є: висока концентрація теплової потужності й мінімальна ширина зони термічного впливу; можливість отримання товщини наплавленого шару від 0,1 мм до декількох міліметрів; можливість наплавлення різноманітних зносостійких та антифрикційних матеріалів; можливість виконання плазмового гартування поверхні деталі; відносно високий ККД дуги (0,2...0,45); відносно мале перемішування та висока адгезія покриття з основним металом; низька поруватість покриття; відсутність деформації деталі, що відновлюється.

Зважаючи на вищенаведені переваги, технологія плазмового наплавлення дозволяє не лише відновлювати робочі поверхні деталей, але і за рахунок застосування нових зносостійких матеріалів істотно підвищити їх експлуатаційний ресурс.

Технологічна лінія з відновлення зношених стволів гармат може включати такі технологічні процеси:

- дефектоскопія ствола;
- виправлення геометрії шляхом знімання зношеного шару;
- ремонт виявлених дефектів;
- нанесення високоякісного сплаву із заданими властивостями до заданих параметрів та розмірів.

Успішній реалізації ідеї плазмового наплавлення покриттів на поверхню каналу ствола сприяє багаторічний досвід роботи в напрямі плазмового наплавлення та практичні розробки профільних науково-дослідних інститутів Національної академії наук України разом з провідними представниками промисловості в даній галузі, а саме:

Фізико-технологічного інституту металів та сплавів НАН України з питань створення сплавів з необхідними властивостями і відпрацювання технологій їхнього виробництва;

Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України з питань розробки та досліджень технологій нанесення покриттів;

Виробничо-комерційного товариства з обмеженою відповідальністю «МІМ» з питань створення автоматизованих детонаційних та мікроплазмових комплексів, а також виробництва і постачання високотехнологічних сплавів.

Кількісні та якісні показники зношення ствола залежать від різних факторів, з яких головним значенням

є температура поверхні каналу ствола перед наступним пострілом. В автоматичній зброї присутня зона між термоерозійним та термопластичним зношенням, в якій спостерігаються обидва види зношення. Критерієм переходу приймається температура 800 К [9]. Аналіз факторів, що впливають на зношення ствола, показує, що для певного комплексу «гармата – патрон – снаряд» при ерозійному та термопластичному зношенні живучість ствола в основному визначається рівнем нагрівання при стрільбі.

Аналіз існуючих матеріалів показав, що максимального зменшити знос поверхневого шару можливо за рахунок використання як присадного матеріалу зносостійкого сплаву марки ХТН-61 [10, 11]. Даний сплав створений групою вчених з Інституту металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України та Запорізького машинобудівного конструкторського бюро «Прогрес» ім. академіка О. Г. Івченка під керівництвом доктора технічних наук А. К. Шуріна [12]. Сплав характеризується відмінними показниками зносостійкості при робочій температурі до 1300 К, великою жаростійкістю, високими показниками при терті й ковзанні однойменних пар та стійкий при фретинг-корозії.

Відпрацьована технологія виробництва сплаву та його промислове застосування фахівцями ВК ТОВ «МІМ» при нанесенні на кромки бандажних полиць лопаток газотурбінних авіаційних двигунів впроваджено та успішно використовується на підприємствах ПАТ «Мотор Січ». Результати досліджень показали, що зміцнені сплавом марки ХТН-61 бандажні полиці двигуна літака Ан-124 «Руслан» мають експлуатаційний ресурс приблизно 6000 год., тоді як лопатки, зміцнені іншими сплавами, витримують ресурс не більше 1000 год. [12, 13].

Оскільки лопатки газотурбінних авіаційних двигунів працюють при схожих з гарматними стволами умовах (температура, тиск, абразивний знос та ін.), аналіз вищенаведених даних дає можливість припустити доцільність ідеї плазмового порошкового наплавлення жаростійкого сплаву ХТН-61 на поверхню каналу ствола гармати з метою підвищення його експлуатаційного ресурсу, зважаючи на вищу на 60% робочу температуру переходу між термоерозійним та термопластичним зношенням, при якому ствол зношується лавиноподібним чином.

Висновки

1. Проаналізовано причини, що викликають знос гарматного ствола, наслідки ненормованого зносу та розглянуті можливості відновлення ресурсу гарматних стволів.

2. Запропонована технологія відновлювання зношених (захисту нових) стволів шляхом плазмового порошкового наплавлення з обраним зносостійким матеріалом марки ХТН-61, що має покращити тактико-технічні характеристики гладкоствольних гармат та подовжити ресурс їхніх стволів.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Орлов Б. В., Ларман Э. К., Маликов В. Г. Устройство и проектирование стволов артиллерийских орудий. М. : Машиностроение, 1976. 432 с.
- Чуев Ю. В. Проектирование ствольных комплексов. М. : Машиностроение, 1976. 216 с.
- Надтока В. Н. Эрозия орудийных стволов : обзор // Артиллерийское и стрелковое вооружение. 2006. № 4 (21). С. 16–22.
- Анипко О. Б., Борисюк М. Д., Бусяк Ю. М., Гончаренко П. Д. Экспериментальное исследование живучести ствола гладкоствольной пушки // Интегровані технології та енергозбереження. 2011. № 1. С. 28–31.
- Розоринов Г. Н., Хаскин В. Ю., Лазаренко С. В. Применение лазерных технологий для повышения срока службы изделия КБА-3 // Збірник наук. праць Севастопольського національного університету ядерної енергії та промисловості. 2013. Вип. 3. С. 144–152.
- Розоринов Г. Н., Хаскин В. Ю., Лазаренко С. В. Применение лазерных технологий для увеличения эксплуатационного ресурса рабочих поверхностей // Сучасний захист інформації. 2013. № 3. С. 75–82.
- Никифоров Н. Н., Туркин П. И., Жеребцов А. А., Галиенко С. Г. Артиллерия / под общ. ред. М. Н. Чистякова. М. : Воениздат, 1953.
- Дмитриева Г. П., Черепова Т. С., Косорукова Т. А., Ничипоренко В. И. Структура и свойства износостойкого сплава на основе кобальта с карбидом ниобия // Металлофизика и новейшие технологии. 2015. Т. 37, № 7. С. 973–986.
- Пушкарев А. М., Вершинин А. А., Вольф И. Г. Оценка износа артиллерийских стволов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2015. Вып. № 12-1.
- Тихомирова Т. В., Гайдук С. В. Исследование методом CALPHAD влияния отношения вольфрама к кремнию на фазовый состав и характеристические температуры кобальтового сплава // Вестн. двигателестр. 2014. № 2. С. 206–210.
- Пейчев Г. И., Замковой В. Е., Андрейченко Н. В. Сравнительные характеристики износостойких сплавов для упрочнения бандажных полок рабочих лопаток // Авиационно-космическая техника и технология. 2010. № 9 (76). С. 102–104.
- Разработка и внедрение высокотемпературного износостойкого сплава для упрочнения бандажных полок лопаток ГТД / Г. И. Пейчев, А. К. Шурин, В. Е. Замковой [и др.] // Авиационная техника и технология. 2000. № 3.
- Пейчев Г. И., Замковой В. Е., Андрейченко Н. В. Разработка аналога износостойкого сплава ХТН-61 повышенной жаростойкости для газотурбинных двигателей // Авиационно-космическая техника и технология. 2007. № 8 (44). С. 11–13.

Рецензент М. О. Шишанов, д-р техн. наук, проф. (Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)