

## **Реферат-презентация**

### **Создание технологии прецизионной обработки каналов оружейных стволов малого калибра**

Акционерное общество «Акционерная Компания «Туламашзавод» (АО «АК «Туламашзавод»).

#### **Авторы работы:**

1. Плотников Вячеслав Михайлович – заместитель начальника Машпроизводства-1 по технике АО «АК «Туламашзавод» - руководитель работы.
2. Сушкин Дмитрий Александрович – инженер-технолог III категории АО «АК «Туламашзавод».
3. Тимофеев Николай Сергеевич – начальник участка Машпроизводства-1 АО «АК «Туламашзавод».
4. Кривошеев Алексей Сергеевич – начальник лаборатории Открытого акционерного общества Акционерной научно-промышленной компании «Блик» (ОАО АНПК «Блик»).
5. Нижник Светлана Геннадьевна – ведущий экономист ОАО АНПК «Блик».

## Введение

Сфера применения автоматических пушек малого калибра - авиационные пушки на истребителях, штурмовиках и боевых вертолётах, скорострельные орудия боевых машин пехоты (БМП) и комплексов противовоздушной обороны (ПВО) ближнего радиуса действия, а также комплексов ПВО ближней зоны надводных кораблей военно-морского флота.

В рамках данного исследования опытно-конструкторские работы велись для калибра 30 мм, но могут быть применены и для других орудийных калибров.

Главным разработчиком отечественных 30-мм автоматических пушек является тульское «Конструкторское бюро приборостроения». В качестве объекта исследования в настоящей работе было взято изделие 2А72, которое входит в состав вооружения универсального боевого модуля «Бахча» (представлен на рисунке 1) и «Бахча-У», а также монтируется на боевые машины, может устанавливаться и на другие объекты.



Рисунок -1 Боевой модуль «Бахча»

На рисунке 2 изображен общий вид пушки.



Рисунок 2 – Общий вид пушки 2А72

Вместе с тем в настоящее время стали появляться нарекания к автоматическим пушкам калибра 30 мм. В частности, боевые бронированные машины сухопутных войск стали оснащаться усиленной бронезащитой, способной выдержать огонь 30 мм пушек в лобовой проекции.

Также платой за использование схемы с подвижным стволом стала несколько худшая кучность и значительно меньший темп стрельбы — всего 300-330 выстр/мин, что не позволяет эффективно применять эту пушку по воздушным целям.

В связи с этим стали звучать слова о переходе на автоматические пушки калибра 40 мм и более, однако при увеличении калибра радикально сокращается боекомплект.

Кроме того, дальнейшее совершенствование изделия 2А72, в частности ее тактико-технических характеристик, целесообразно для исключения необходимости технологического перевооружения и замены существующих производственных мощностей под другие калибры.

Вышеуказанные условия обозначили актуальность поиска научно-технических решений изготовления, обработки и установки стволов для улучшения тактико-технических характеристик пушек калибра 30 мм.

### **Основная часть**

Результатом проведения опытно-конструкторских работ стало создание технологии прецизионной обработки каналов 30-мм пушки 2А72.

Комплекс конструкторско-технологических работ в рамках проведенного исследования включал в себя следующие направления:

- создание технологии прецизионного электрохимического образования

нарезов в канале ствола,

- совершенствование конструкции инструмента-катода с целью повышения ресурса его использования для формирования нарезов с обеспечением качества изготовления каналов оружейных стволов,

- поиск эффективных технологических решений при проведении операции хромирования ствола.

На протяжении почти 50-ти лет на базе Тульского машиностроительного завода функционирует лаборатория электрообработки материалов. В 2018 году результатом совместной работы АО «АК «Туламашзавод» и ОАО АНПК «Блик» стала разработка станков ЭХС-2.Ф2 и ЭХС-3.Ф2, предназначенных для электрохимической обработки внутренней поверхности стволов. Вышеупомянутые станки предназначены для замены физически и морально устаревших моделей станков модели ЭХС-1, ЭХС-2. Схема станка изображена на рисунке 3.

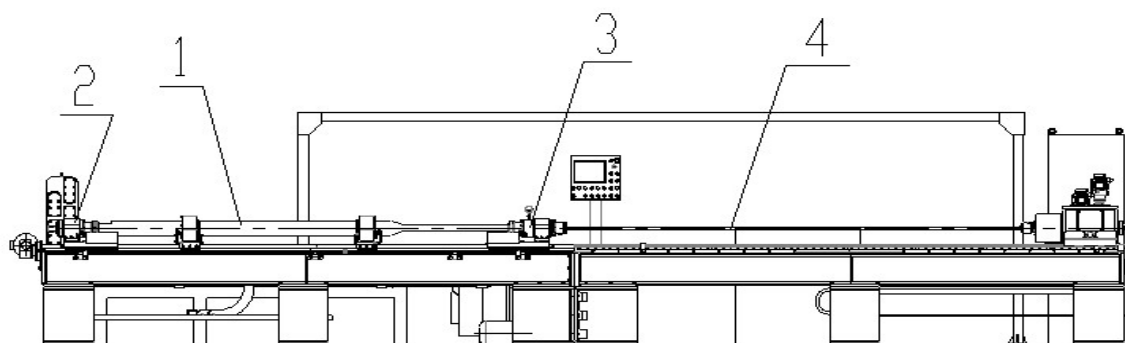


Рисунок 3 - Станок и ствольная заготовка в нем: 1 - ствольная заготовка, 2 - насадка левая, 3 - насадка правая, 4 - катодная штанга

Разработанные модели станка обеспечивают обработку канала труб диаметром до 100 мм, максимальной длиной до 4000 мм, минимальной длиной от 1500 мм.

Система управления станком с числовым программным управлением построена на современной элементной базе, обеспечивает согласованное перемещение и вращение инструмента с высокой точностью.

Благодаря этому последние несколько лет на базе АО «АК

«Туламашзавод» стала возможной реализация научно-исследовательских программ, целью которых является улучшение качества оборонной продукции и снижение затрат на ее производство, в том числе создание и совершенствование электрохимической обработки малокалиберных пушек.

Электрохимическая размерная обработка основана на явлении анодного растворения металла, осуществляемого при прохождении тока через электролит, подаваемый под давлением в зазор между электродами. Скорость растворения металла прямо пропорционально связана с плотностью тока, которая будет больше там, где меньше зазор. По мере обработки происходит выравнивание плотности тока в зоне обработки, а значит, и межэлектродного зазора. Электрод-инструмент в процессе обработки является катодом, а обрабатываемая деталь — анодом.

До настоящего времени катод с изолятором из органического стекла применялся при электрохимической обработке каналов стволов. Согласно существующей технологии катод после 10 обработок подлежит переаттестации. В связи с этим возник вопрос повышения износостойкости катода. Для решения этой задачи было проведено исследование с целью поиска более устойчивого материала для изготовления катода. На основании проведенного анализа фенилон С2 был выбран в качестве наиболее подходящего материала для изготовления изолятора катода.

На протяжении полугода проводились испытания изготовленных катодов с изоляторами, изготовленными из материала фенилон С2. Каждый из катодов применялся в процессе образования нарезов стволов электрохимическим способом более 70 раз.

По результатам аттестации катодов рабочая группа сделала вывод, что после указанного количества изготовленных стволов радиусы внешних и внутренних нарезов остались без изменений, таким образом, ресурс работы катодов повысился без потери качества полученных нарезов. На данный момент катоды являются рабочими и используются на производстве.

Таким образом, снижение затрат на изготовление катодов для

электрохимической обработки каналов оружейных стволов составило 84% за счет использования современных материалов для изготовления катодов без потери качества изготовления каналов оружейных стволов.

Многолетний опыт показывает, что одно из главных требований, обеспечивающих получение высококачественных стволов, отвечающих требованиям тактико-технических характеристик, заключается в правильном изготовлении и обработке каналов стволов.

При осуществлении выстрела при движении снаряда по каналу на медный поясok производится давление со стороны ребра нареза, в результате чего происходит его деформация, и появляются зазоры для прорыва пороховых газов. Допуск на геометрические размеры нарезов колеблется в заданных пределах. В случае, когда в казенной части ствола внутренний диаметр имеет минимальный размер в пределах допуска, а с дульной части – максимальный размер в пределах допуска, возникает разброс результатов стрельбы по параметрам кучности. В связи с этим была поставлена задача повышения технических требований к геометрии стволов малокалиберных пушек за счет создания прецизионной технологии электрохимического образования нарезов в ствольном канале.

Предлагается способ изготовления нарезного длинномерного ствола, при котором электрод-инструмент, закрепленный на штанге, заводят в канал заготовки со стороны дульной части. В процессе рабочего перемещения электрода-инструмента плавно повышают расчетную величину технологического тока, формируя тем самым канал ствола с плавным расширением в пределах от минимального до максимального заданного геометрией ствола допуска по нарезаm на всей длине канала ствола в направлении к казенной части.

Целесообразно, чтобы в такой заготовке было выполнено плавное сужение в пределах от максимального до минимального заданного геометрией заготовки допуска по полям также части канала - на участке не менее пятнадцати калибров ствола от дульной части, при этом на участке до

начала плавного сужения канал выполняется с максимальным допуском по полям.

Таким образом, выполнение нарезов электрохимическим способом в длинномерном артиллерийском стволе производят в два этапа: на первом этапе формируют поля нарезов, а на втором – нарезы.

Разработанная технология создания нарезов на стволах исключает возможность появления раструба со стороны дульной части ствола при электрохимическом формообразовании, что положительно влияет на кучность стрельбы пушки 2А72 калибра 30 мм. Предложенная технология является универсальной и может использоваться для изготовления каналов оружейных стволов других калибров.

Многолетний опыт пушечного производства показал, что хромированная сталь имеет тонкую, но достаточно твердую поверхность, похожую на давно известную в оружейном деле цементацию. Такая твердая поверхность не поддается процессу коррозии и долго не изнашивается от трения. Под хромированным твердым слоем у стали сохраняется ее обыкновенные свойства, которые требуются для ствольного материала: прочность на разрыв, вязкость, а также упругость. Хромирование сохраняется долго и хорошо защищает канал ствола от ржавчины.

Процесс хромирования каналов стволов является хоть и сложным процессом, но достаточно хорошо изучен специалистами, потому что существенно повышает живучесть стволов.

В то же время, хорошо известно, что процесс хромирования является одним из наиболее сложных, имеющих ряд отрицательных свойств, таких, как низкая рассеивающая способность, очень низкий выход по току металла, наличие в осаждающемся слое напряжений. Также в процессе хромирования происходит накопление в электролите ионов меди, железа, хрома трехвалентного, что приводит к ухудшению свойств, как электролита, так и покрытия.

Необходимыми условиями размерного хромирования являются

стабильность состава электролита и режима хромирования (плотность тока, температура, время). При освоении хромирования каналов стволов особое внимание уделялось износостойкости, эрозионной и антикоррозионной стойкости электролитического хрома, его сцепляемости со сталью и другим физико-химическим и прочностным характеристикам, а также учету специфических особенностей хромирования внутренней полости отверстий.

При хромировании отверстий в отличие от наружных поверхностей деталей межэлектродное пространство ограничено размерами самих изделий, что обуславливает применение внутренних анодов также ограниченных размеров.

Схема расположения ствола с оснасткой в ванне хромирования представлена на рисунке 4.

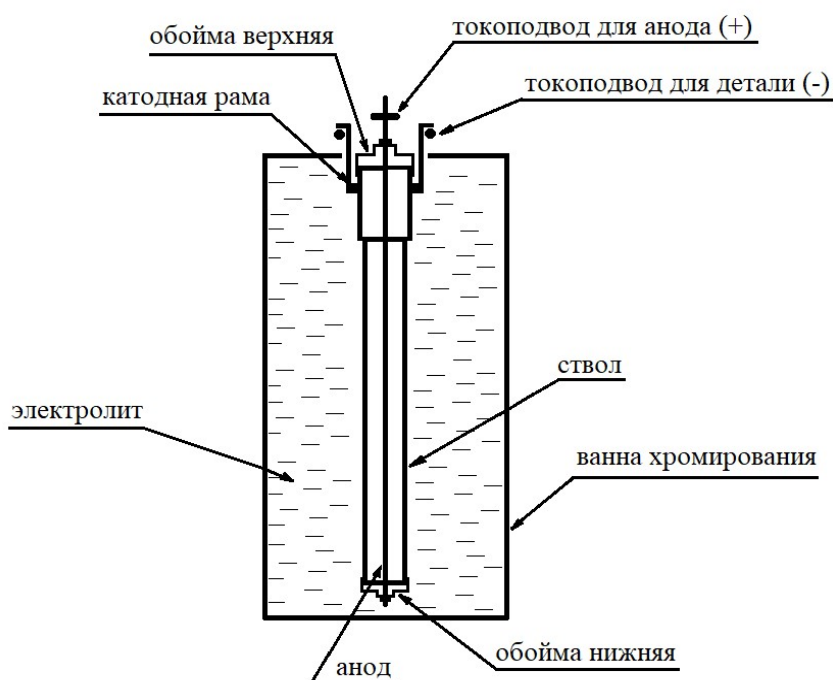


Рисунок 4 – Схема расположения ствола с оснасткой в ванне хромирования

Неравномерное по высоте ствола сопротивление электролита из-за обильного газовыделения и неравномерного газонаполнения в ограниченном внутреннем пространстве хромируемой детали цилиндрической формы обуславливает неравномерное наложение хромового покрытия с появлением



раструба к нижней части ствола.

Для выполнения требований о недопустимости раструба к дульной части ствола в процессе хромирования был разработан комплекс технологических мероприятий, который в процессе хромирования позволил обеспечить требуемую толщину хромового покрытия по всей длине ствола, что соответствует техническим условиям изготовления оружейных стволов и не оказывает негативного влияния на тактико-технические характеристики.

### **Заключение**

Применение пушек калибра 30 мм на новых современных носителях, таких как БТР-82, БТР-82АМ, где пушка работает индивидуально без третьей точки опоры, а также их установка в комплекс «Бахча» определили более жесткие требования по кучности стрельбы для изделия 2А72. Кроме того, совершенствование изделия 2А72, а именно его тактико-технических характеристик, целесообразно для исключения необходимости технологического перевооружения и замены существующих производственных мощностей под другие калибры.

Многолетний опыт производства оружейных стволов показывает, что одним из ключевых факторов влияния на кучность и стабильность стрельбы автоматического оружия является конструкция и качество изготовления ствола, а также формообразование его нарезной части.

Разработанная технология прецизионной обработки каналов оружейных стволов малого калибра решает задачу повышения тактико-технических характеристик нарезного ствола и, соответственно, оружия в целом.

Практическая ценность работы заключается в первую очередь в обеспечении высокого качества изготовления и точности геометрических параметров каналов как серийных оружейных стволов, так и перспективных образцов артиллерийского вооружения с целью улучшения их тактико-технических характеристик, а также сокращении сроков и затрат на

изготовление стволов с использованием существующего технологического и производственного фонда.

В рамках данного исследования опытно-конструкторские работы велись для калибра 30мм, но могут быть применены и для других орудийных калибров.

Для подтверждения эффективности разработанной технологии обработки каналов орудийных стволов были проведены испытания изделия 2А72 из числа серийно выпускаемых с целью отбора изделий с более жесткими требованиями по кучности и стабильности стрельбы для установки на боевой модуль «Бахча». Испытания проводились на стендах АО «АК «Туламашзавод».

Успешная реализация разработанных мероприятий позволила получить следующие результаты:

- была разработана, апробирована и внедрена в производство технология электрохимического формообразования нарезов канала ствола,
- было разработано, апробировано и внедрено в производство технологическое решение проведения операции хромирования нарезных стволов для устранения раструба дульной части ствола,
- было получено снижение затрат на изготовление катодов для электрохимической обработки каналов орудийных стволов на 84% за счет использования современных материалов для изготовления катодов с обеспечением технических требований к каналам стволов;
- 96% пушек (против 36% до применения новой технологии обработки каналов стволов) после внедрения разработанного комплекса мероприятий не только удовлетворяют техническим требованиям, но и имеют показатели по кучности стрельбы на 30...40% выше (эффективность практического примера внедрения настоящей технологической разработки для изготовления боевого модуля «Бахча»).

Руководитель работы

В.М. Плотников