

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Зубов Владимир Николаевич

канд. техн. наук, доцент

Нехорошева Инна Владимировна

преподаватель

ФГБОУ ВПО «Московский государственный
технический университет им. Н.Э. Баумана»

г. Москва

СТВОЛ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ТАНКОВОЙ ПУШКИ

Аннотация: рассмотрены конструктивные особенности и некоторые аспекты техпроцесса изготовления нового облегченного ствола для перспективной танковой пушки, создаваемой в рамках программы *Future Combat System*. Рассмотрено, что отличительными особенностями нового ствола являются применение композитных материалов и высокопрочных сталей, а также наличие ствольного дульного тормоза. Акцентировано, что несмотря на существенное снижение массы, новая танковая пушка сохраняет все возможности пушки танка *Абрамс*, в том числе возможность стрельбы всеми существующими и перспективными боеприпасами калибра 120-мм.

Ключевые слова: композитные материалы, ствол, танк, танковая пушка.

На протяжении более 10 лет американские военные специалисты вели разработку нового легкого танка MCS XM1202 (Mounted Combat System – «Боевая система, установленная на платформу»). Танк MCS создавался в рамках программы «Боевые системы будущего» (Future Combat Systems – FCS). Эта программа до июля 2009г. являлась основной программой развития сухопутных войск США и была самой крупной, самой сложной и дорогостоящей новой программой развития вооруженных сил в истории американской армии, на которую было израсходовано по некоторым оценкам уже около 300 млрд. долларов. При

создании новой пушки для легкого танка MCS XM1202 решались сложные технические и технологические задачи, изучение которых представляет интерес для российских инженеров и разработчиков новой техники.

Танк MCS был ключевым компонентом создания высокоманевренных боевых подразделений армии США, способных применить огневую мощь именно в то время и в том месте, где это требуется [2, р. 41]. Танк MCS должен был транспортироваться самолетом С-130 «Геркулес», способным поднять груз не более 20 тонн, что накладывало жесткое ограничение как на массу танка в целом, так и на его отдельные узлы.

Необходимость обеспечения массы танка не более 20 тонн потребовало от разработчиков применения ряда новых технических решений, не используемых ранее при создании танковых пушек. После изучения нескольких вариантов существующих и разрабатываемых 105, 120 и 140-мм пушек в качестве основного вооружения для нового танка MCS разработчиками было принято решение отказаться от всех этих вариантов и перейти к разработке принципиально новой облегченной 120-мм танковой пушки, получившей обозначение XM360. Причиной этого решения было то, что существующая 120-мм пушка слишком тяжела и обладает большим импульсом отдачи для установки на машину массой 20 тонн, а 105-мм пушка не может пробить броню некоторых существующих и перспективных танков [3, р. 4].

Основной особенностью танковой пушки XM360 является облегченный ствол, выполненный с применением композитных материалов. Использование композитных материалов не только непосредственно снижает массу ствола, но также позволяет использовать меньшие по мощности и массе привода и обеспечить, таким образом, дальнейшее снижение массы всей системы. Вдобавок, использование композитов высокой жесткости способствует точности наведения и ослаблению динамических напряжений, связанных с высокой скоростью движения снаряда по каналу ствола.

В стволах современных танковых пушек используют автофреттирование для создания остаточных напряжений в стенке ствола, способствующих его разгрузке при выстреле. Поскольку часть стали с наружной поверхности ствола пушки XM360 была заменена композитным материалом, было крайне важно, чтобы композит обеспечил такое же распределение остаточных напряжений, что и в стальном оригинале. Чтобы достичь этого, разработчиками с помощью численных методов была решена задача моделирования распределений остаточных напряжений в стенке ствола, включая автофреттирование и композитную намотку. Были просчитаны нагрузки при статическом режиме и проведен динамический анализ напряжений в стенках ствола. Динамический анализ проводился с учетом изменения давления при движении снаряда по каналу ствола [4, р. 2–3]. В результате математического моделирования были подобраны количество слоев и комбинированный способ укладки композитной ленты: как вдоль оси трубы, так и поперек, в двух секциях (рис. 1).



Рис. 1. Новая 120-мм пушка XM360 для танка MCS

Традиционно существуют две проблемы, связанные с изготовлением композитных оболочек. Первая проблема заключается в несоответствии коэффициента теплового расширения композитной оболочки и стальной основы (подложки), что приводит к образованию зазора, снижающего несущую способность композита. Второй проблемой является трудность создания необходимых предварительных напряжений в композитной оболочке, аналогичных напряжениям,

возникающим при скреплении ствола металлическим кожухом. До определенного момента решение этих вопросов требовало значительного усложнения производственного процесса, что неприемлемо при массовом производстве.

В США первые попытки применения композитных материалов для производства стволов артиллерийских орудий были предприняты лабораторией Venét в конце 1980-х и начале 1990-х гг. Эти усилия привели к изготовлению и испытанию нескольких 105-мм и 120-мм стволов. Однако разработчикам не удавалось предотвратить образование зазора порядка 0,1 мм между композиционной намоткой и стальной оболочкой в процессе отверждения композита [4, р. 1].

Позднее проблема была успешно решена путем внедрения нового техпроцесса намотки с натягом ленты из карбонового волокна IM7, находящейся в термopластической смоле (полимерной полиэфирэфиркетоновой матрице) и быстрого отверждения смолы в ходе намотки [4, р. 2]. Быстрое отверждение смолы достигалось за счет предварительного охлаждения ствола до минусовой температуры, которая поддерживалась в течение всего техпроцесса (рис. 2). Охлаждение ствола во время намотки позволило: ускорить отверждение полимера для сохранения необходимых напряжений, не допустить температурного расширения ствола и образования впоследствии зазора между стальной частью и композитом, ускорить и упростить процесс намотки композитной ленты.

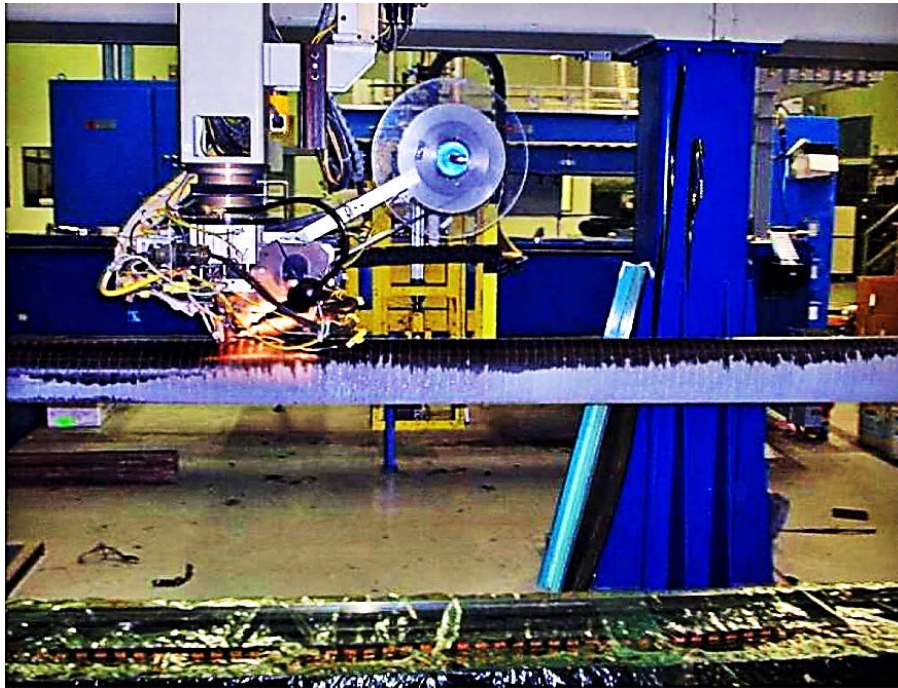


Рис. 2. Укладывание ленты вдоль оси ствола. Снаружи ствол покрыт инеем, образующимся на поверхности охлажденного до минусовых температур ствола [4, р. 3]

Процесс укладки ленты, как поперек оси ствола, так и вдоль примерно одинаков и осуществляется с помощью роботизированных станков. Газовая горелка выпаривает влагу, образующуюся на стволе в виде инея, разогревает и плавит полимер, содержащийся в ленте, которая сразу же прижимается роликом к предыдущему слою (рис. 3) [4, р. 3].

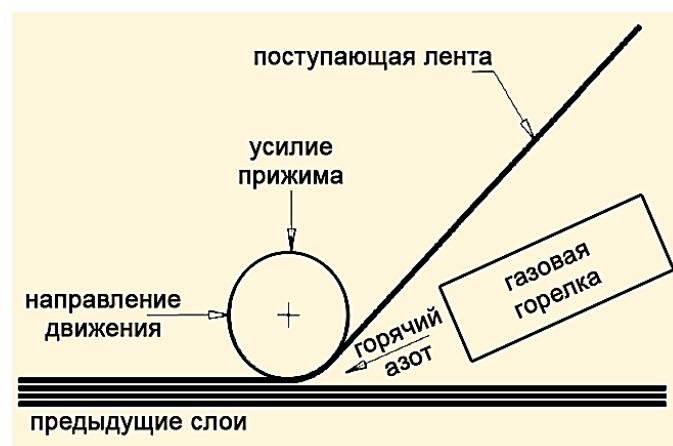


Рис. 3. Схема процесса укладки ленты вдоль оси ствола [4, р. 14]

Укладка ленты проходит с натяжением, в результате чего при охлаждении сохраняются остаточные напряжения. Усилия натяжения ленты подбираются таким образом, чтобы распределение напряжений в металлическом основании соответствовало распределению напряжений как в оригинальном полностью металлическом стволе.

Если углеродное волокно находится в прямом контакте со сталью, то возникает электрохимическая коррозия. Во избежание гальванической коррозии было нанесено два слоя стекловолокна в полимерной полиэфирэфиркетоновой матрице между стальной частью ствола и композитным покрытием. Чтобы защитить внутренние слои углеродного волокна от физических и химических повреждений, на внешней стороне композитного покрытия были добавлены еще 2 слоя намотки такого же волокна под углом 45 град.

В результате уменьшения стальной части ствола под композитное покрытие на 113 кг и нанесения 20 кг карбонно-волоконного композита удалось уменьшить общую массу ствола на 93 кг [4, p.5]. Кроме этого за счет применения новой высокопрочной стали с повышенным на 20% пределом текучести, двойного автофреттирования и ряда других мероприятий удалось довести массу ствола до 720 кг, снизив ее на 345 кг по сравнению со стволом пушки М256 танка Abrams, несмотря на постановку дополнительного устройства – дульного тормоза [3, p.4-5; 6, p.27]. И это только ствол. Казенник и противооткатные устройства тоже были максимально облегчены за счет применения более высокопрочных сталей, титана и рациональной конструкции [3, p.5]. Постановка ствольного дульного тормоза (выполненного за одно целое со стволом) за счет снижения нагрузок на противооткатные устройства позволила уменьшить массу пушки еще на 91 кг. Применение нового композитного кожуха (рис. 4, 5), выполненного по технологии «стелс», массой 35 кг для пушки XM360 позволило сэкономить еще 47 кг по сравнению с кожухом танка Abrams [6, p.23, 27].



Рис. 4. Защитный кожух



Рис. 5. Кожух, установленный на стволе

В ходе создания и отработки конструкции пушка подвергалась всесторонним испытаниям. В 2006–2006 годах из пушки XM360 было выпущено 760 снарядов, среди которых подкалиберные снаряды M829, изначально разработанные для пушки M256 танка Abrams, и их модификации M829A1, M829A2, M829A3; массо-габаритные аналоги перспективных управляемых боеприпасов MRM-KE и MRM-CE, предназначенных для стрельбы на большие дальности около 12 км, и другие снаряды [1, р. 9]. В июне 2008 г. на Абердинском полигоне были закончены контрольно-проверочные испытания стрельбой на надежность и безопасность танкового орудия. В следующем месяце началась серия испытаний объемом в 500 выстрелов на живучесть пушки. В ходе испытаний на живучесть ствол выдержал более 866 выстрелов. Кроме того, испытания проводились в климатической камере при низких минусовых, высоких плюсовых температурах и в условиях резких перепадов температур. Испытания подтвердили работоспособность орудия в экстремальных условиях. Также ствол был испытан на локальное повреждение намотки от попадания пули или осколка. После попадания пули калибром 7,62 мм в намотку ствол выдержал 200 циклических нагружений гидравлическим давлением, соответствующему давлению процесса выстрела. Никаких усталостных повреждений обнаружено не было [5, р. 7]. Всего с 2004 по 2009 гг.

по программе разработки пушки XM360 из разных стволов было произведено 1952 выстрела [5, p. 16].

Таким образом, в результате указанных выше и ряда других мероприятий в целом удалось снизить массу всей пушки XM360 на 1158 кг по сравнению с пушкой M256 танка Abrams, имеющей массу 3023 кг, и довести ее до 1865 кг [1, p. 15]. То есть пушка XM360 стала легче пушки M256 более чем на 35%, сохраняя работоспособность в экстремальных условиях и возможность стрельбы современными и перспективными боеприпасами.

Список литературы

1. Cannone, A.J. 120 mm XM360 Gun Technology Base Transition into Future Combat System (FCS) System Design & Development Program. Briefing to the guns and missiles symposium. 23 April 2008 / A.J. Cannone, D.C. Smith [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.dtic.mil/ndia/2008gun_missile/6358SmithDavid.pdf

2. Corsello, J. General Dynamics and U.S. Army Team to Deliver Cutting-Edge Firepower / J. Corsello, W. O'Donnell // Army Acquisition Logistics and Technology Magazine. November – December, 2005, p.41-43.

3. Lannon, J.A. Presentation to 2007 NDIA S&T Conference (17–19 April 2007) / J.A. Lannon // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.dtic.mil/ndia/2007science/Day02/joeLannon.pdf

4. Littlefield, A. Prestressed carbon fiber composite overwrapped gun tube / A. Littlefield, E. Hyland // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA481065

5. Smith, D. 120mm XM360 Primary Weapon Assembly. XM1202 Mounted Combat System (MCS) of Future Combat System (FCS). Briefing to NDIA Joint Armaments Symposium. 18 May 2010. / D. Smith, E. Hyland [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.dtic.mil/ndia/2010armament/WednesdayReunionDavidSmith.pdf

6. Smith, D.C. Line of sight / beyond line of sight (LOS/BLOS) advanced technology demonstrator (ATD). Briefing for the guns, ammunition, rockets and missiles

symposium. 25-29 April 2005 / D.C. Smith, A.J. Cannone [Электронный ресурс]. –

Режим доступа: www.dtic.mil/ndia/2005garm/wednesday/smith.pdf