

Обеспечение параметров безопасности при разборке боеприпасов методом развинчивания

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Ключевые слова: Утилизация, боеприпасы, технологический процесс, энергосиловые параметры

Ключові слова: Утилізація, боеприпаси, технологічний процес, енергосилові параметри

Key words: Utilization, missile, technology, energy and power operation factors

Введение

Работы, связанные с утилизацией боеприпасов, относятся к работам высокой сложности и повышенной опасности и требуют строгого выполнения требований существующих наставлений и инструкций по технике безопасности.

При выборе способа утилизации отдельных боеприпасов необходимо учитывать возможность вторичного использования продуктов утилизации и их переработки, то есть для каждого типа боеприпасов следует выбирать такой способ, при котором гарантируются полная безопасность выполнения работ и максимальное получение исходных компонентов. К таким способам относится полная или частичная разборка боеприпасов на составные части с последующим их использованием или переработкой.

При утилизации обычных видов боеприпасов при разборке на составные части методом развинчивания требуется надежно закрепить утилизируемое изделие, чтобы избежать его проскальзывания. Поскольку боеприпасы, подлежащие утилизации, имеют срок давности изготовления, исчисляемый десятилетиями, то практически всегда попытка получить доступ к взрывчатому снаряжению представляет значительные трудности из-за того, что резьбовые соединения, через которые производилось снаряжение боеприпаса, «прикипели». Следует иметь в виду, что в процессе длительного хранения материалы могут изменять свои свойства. Герметик, препятствующий свинчиванию резьбы, в отдельных изделиях может и не поддаться срезу и заклинить резьбу, а так как давление на корпус боеприпаса увеличивать нельзя, то возможно проворачивание корпуса в кольцах стенда для утилизации.

При возникновении ситуации, описанной выше, совершается работа силы трения, которая идет на нагрев корпуса боеприпаса и силового кольца, относительно которого боеприпас проворачивается [1, 2, 3]. Такая ситуация является очень опасной, потому что при некотором количестве оборотов ракеты внутри силового кольца температура корпуса ракеты (корпус является тонкостенной цилиндрической оболочкой) может достигнуть критической, при которой взрывчатое вещество, находящееся внутри корпуса, воспламенится. Таким образом, описанную ситуацию необходимо учесть и проанализировать, так как полностью исключить возможность ее появления невозможно.

Исследование процесса нагрева утилизируемого изделия при проскальзывании его в силовых кольцах

Считаем, что нагревание корпуса боеприпаса происходит только в месте взаимодействия его с силовым кольцом (на длине трубы L), то есть температура корпуса изменяется только в радиальном направлении. Представим корпус

боеприпаса, например боевой части ракеты, в виде однородной цилиндрической стенки (трубы) длиной L с внутренним радиусом $D_{вн}$ и внешним $D_{н}$ (рис. 1).

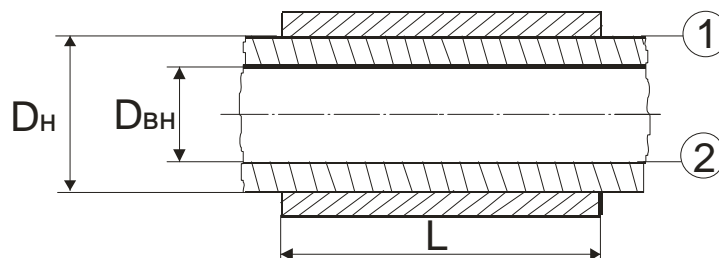


Рис. 1. Физическая модель закрепления ракеты в стенде для развинчивания

При раскручивании ракеты выполняется закон сохранения энергии

$$Q = \Delta U + A, \quad (1)$$

где ΔU – изменение внутренней энергии тела; A – механическая работа сил трения.

Считаем, что нагрев корпуса ракеты и силового кольца происходит за счет совершения механической работы (без теплообмена с окружающей средой). Тогда уравнение (1) примет вид

$$\Delta U = - A. \quad (2)$$

Допустим, что выделившееся в стенке тепло отводится одновременно через обе поверхности, то есть 50 % механической энергии идет на нагрев корпуса и 50 % – на нагрев силового кольца. Таким образом, анализируя только изменение температуры корпуса ракеты (нагрев силового кольца рассматривать не будем) выражение (2) можно записать следующим образом:

$$\Delta U = - 0,5 \cdot A. \quad (3)$$

В начальный момент времени (до начала проскальзывания) температура поверхностей корпуса изделия и силового кольца в месте их соприкосновения (см. поверхность 1 на рис. 1) равна комнатной температуре $T_1 = 293$ К.

Зависимость изменения внутренней энергии корпуса от температуры определяется выражением

$$\Delta U = c \cdot m \cdot (T_2 - T_1), \quad (4)$$

где c – удельная теплоемкость материала; $m = \frac{1}{4} \pi L \rho (D_{н}^2 - D_{вн}^2)$ – масса рассматриваемого участка трубы; T_2 – температура, до которой нагреется оболочка за время ее проскальзывания (см. поверхность 1 на рис. 1); ρ – плотность материала оболочки.

Работу сил трения можно определить как

$$A = M_{mp} \omega t, \quad (5)$$

где M_{mp} – момент трения, препятствующий проворачиванию ракеты относительно кольца; ω – угловая скорость вращения кольца относительно корпуса ракеты; t – время, в течение которого происходит проскальзывание.

Подставив (5) и (4) в выражение (3), получим

$$\frac{1}{4} \cdot c \cdot \pi L \rho (D_n^2 - D_{вн}^2) \cdot (T_2 - T_1) = \frac{1}{2} M_{mp} \cdot \omega t. \quad (6)$$

Тогда температура, до которой нагреется оболочка ракеты за время проворачивания ее в силовом кольце, определится как

$$T_2 = \frac{2 \cdot M_{mp} \cdot \omega \cdot t}{\pi \cdot c \cdot L \cdot \rho \cdot (D_n^2 - D_{вн}^2)} + T_1. \quad (7)$$

В связи с тем, что толщина стенки корпуса мала, а величина коэффициента теплопроводности λ материала оболочки велика, принимаем температуру T_2 на внешней поверхности обечайки и температуру T_3 на внутренней поверхности корпуса (см. поверхность 2 на рис. 1) равными, то есть

$$T_3 \approx T_2 = \frac{2 \cdot M_{mp} \cdot \omega \cdot t}{\pi \cdot c \cdot L \cdot \rho \cdot (D_n^2 - D_{вн}^2)} + T_1. \quad (8)$$

Таким образом, полученное выражение показывает зависимость температуры внутренней поверхности корпуса ракеты от ее геометрических параметров, материала, из которого она изготовлена, и технологических параметров проведения процесса разборки.

Вполне очевидно, что для предотвращения перегрева корпуса ракеты, приводящего к увеличению температуры находящегося в нем взрывчатого вещества, при заданных характеристиках утилизируемого изделия необходимо обращать внимание на энергосиловые параметры процесса механической разборки, а именно на прикладываемый крутящий момент $M_{св}$, позволяющий произвести раскручивание резьбы.

В качестве критического рассматривается случай, при котором возникает проскальзывание (а следовательно, и трение) в течение всего времени, необходимого для полного раскручивания резьбы, начиная с первого оборота.

Для определения значения критической температуры при известных величинах $M_{св}$ и времени раскручивания используем соотношение (8).

В результате расчета получены зависимости температуры взрывчатого вещества от прикладываемого крутящего момента, представленные на рис. 2, 3.

Полученные графические зависимости позволяют давать практические рекомендации по проведению технологического процесса разборки ракет различных калибров и с разными взрывчатыми веществами. Так, для НАР типа С-5, снаряженных гексогеном и с толщиной оболочки 2,5 мм (материал 30ХГСА), $M_{св} \approx 800$ Н·м. Кроме того, в зависимости от конструкционного материала изделия величина $M_{св}$ может изменяться достаточно существенно (рис. 2).

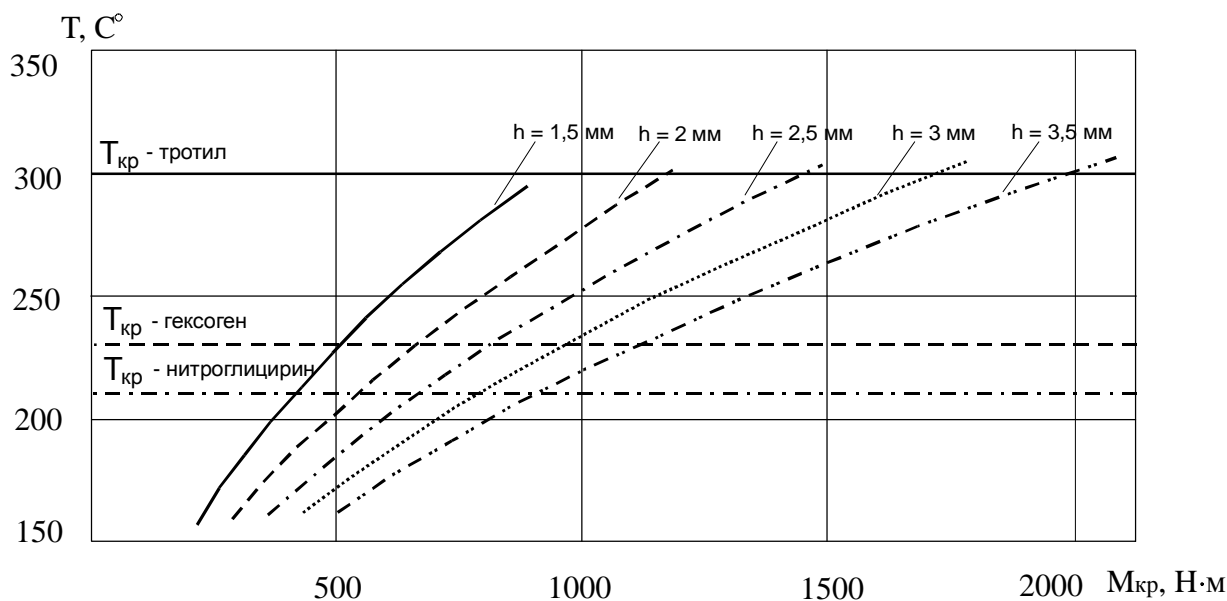


Рис. 2. Температура нагрева взрывчатого вещества в зависимости от величины $M_{кр}$

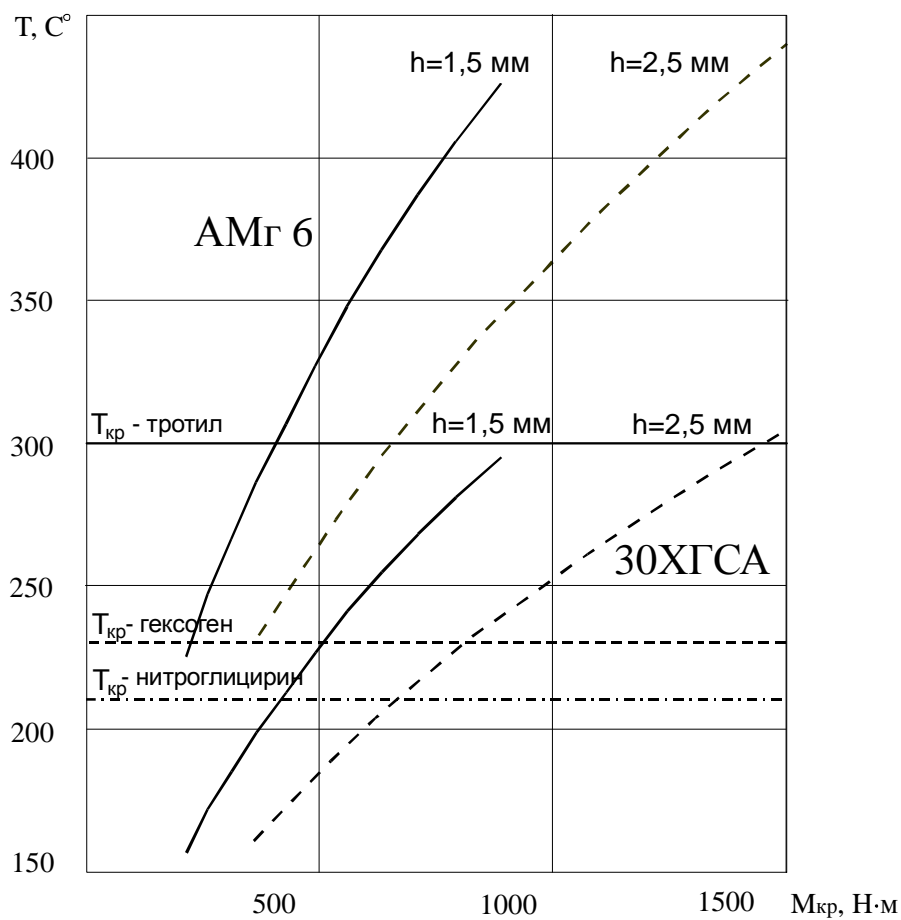


Рис. 3. Зависимость температуры нагрева взрывчатого вещества от материала оболочки

Выводы

В заключение можно сделать следующие выводы:

1. При проведении утилизации боеприпасов методом развинчивания следует учитывать возможность нагрева боеприпаса при проскальзывании его в силовых зажимных кольцах.

2. Для предотвращения нагрева боеприпаса до критических температур (при которых возможен взрыв боеприпаса) необходимо в процессе развинчивания обеспечивать только заданное количество оборотов жестко закрепленного элемента боеприпаса относительно вращающегося элемента.

Список литературы

1. Дерягин Б.В. Что такое трение / Б.В. Дерягин – М.: АН СССР, 1963. – 102 с.
2. Михеев М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева – М.: «Энергия», 1973. – 320 с.
3. Сухов В.В. Оценка влияния теплообменных процессов в системе «окружающая среда – защитная оболочка – боеприпасы» на условия хранения боеприпасов / В.В. Сухов, А.В. Мосесян // Арсенал. – 2000. – № 3 – 4. – С. 72 – 74.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. зав. каф. А.И. Долматов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

Поступила в редакцию 17.03.09.