Горное дело

УДК 622.235

ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ СМЕСЕВЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ ТИПА АСДТ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ МОНГОЛИИ

В.А.БЕЛИН¹, Г.П.ПАРАМОНОВ², ЖИЖИГ ЖАМЬЯН³

¹ Горный институт НИТУ МИСиС, Москва, Россия

² Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

³ Компания «Монмаг», Улан-Батор, Монголия

Рассмотрены вопросы производства взрывных работ, проводимых в промышленных масштабах с применением аммиачно-селитренных взрывчатых веществ. На основании экспериментальных исследований, выполненных авторами, было определено, что для использования на горных предприятиях Монголии, в первую очередь на угольных разрезах, наиболее рациональными и эффективными являются смесевые взрывчатые вещества на основе аммиачной селитры в твердом состоянии с различными жидкими, а также твердыми дисперсными горючими добавками – смеси типа АСДТ или ANFO. Определены температурные границы для фазовых переходов аммиачной селитры на открытых площадках в течение трех месяцев для различной влажности. Установлены показатели маслопоглощения в зависимости от цикла фазовых переходов для аммиачной селитры.

Ключевые слова: нитрат аммония; взрывные работы; фазовые переходы; кристаллическая решетка; дизельное топливо; гранулы

Как цитировать эту статью: Белин В.А. Особенности изготовления и применения смесевых взрывчатых веществ типа АСДТ на горных предприятиях Монголии / В.А.Белин, Г.П.Парамонов, Жижиг Жамьян // Записки Горного института. 2018. Т. 232. С. 364-367. DOI: 10.31897/PMI.2018.4.364

Введение. В реально существующих природных условиях аммиачная селитра (АС) находится в твердом кристаллическом состоянии, конкретная форма частиц задается технологией изготовления и условиями последующего хранения.

Кристаллическая решетка АС может иметь пять различных структур. При модификационных превращениях происходит изменение объема и плотности кристаллов. Прочность кристаллов и гранул АС зависит от способа их получения при изготовлении и числа модификационных превращений, которым они могут быть подвергнуты в процессе хранения продукта.

Для получения ВВ на базе смесей АСДТ в условиях Монголии необходимы предварительная подготовка АС и технология изготовления смесей АСДТ, учитывающая деструктивные процессы в АС. Однако «прямое» использование известных и применяемых в других странах, в том числе в России, смесей АСДТ на горных предприятиях Монголии невозможно из-за специфики условий сырьевого обеспечения, которое ориентировано на закупку практически всех компонентов за рубежом.

Известно, что в составе смесевых ВВ аммиачная селитра выполняет роль окислителя [3, 4]. В качестве горючих в составе смесевых ВВ могут быть использованы любые вещества, способные к окислению и имеющие отрицательный кислородный баланс. Наиболее удобными с позиций приобретения, транспортирования, переработки, безопасности и т.д. являются жидкие нефтепродукты, в частности дизельное топливо (ДТ) и минеральные масла.

Методы исследований и обсуждение результатов. На основании экспериментальных исследований, выполненных авторами [2, 6, 7], было определено, что для использования на горных предприятиях Монголии, в первую очередь на угольных разрезах, наиболее рациональными и эффективными являются смесевые взрывчатые вещества на основе аммиачной селитры в твердом состоянии (в гранулированном виде) [10, 11] с различными жидкими, а также твердыми дисперсными горючими добавками – смеси типа АСДТ (игданит) или ANFO.

Состав смесевых ВВ в идеальном варианте komponуется так, чтобы количество кислорода в смеси соответствовало количеству горючих компонентов и обеспечивало их окисление до полных оксидов [5]. При таком соотношении кислородный баланс ВВ равен нулю. В реально существующих природных условиях аммиачная селитра находится в твердом кристаллическом состоянии, конкретная форма частиц задается технологией изготовления и условиями последующего

хранения. Наиболее удобным для практического использования является состояние АС в виде гранул размером от десятых долей миллиметра до нескольких миллиметров.

Физическая природа и состояние АС определяют другой характерный недостаток смесей гранулированной АС с жидкими горючими добавками – сложность, иногда невозможность получения однородных по составу и стабильных во времени стехиометрических смесей АС и ДТ. На практике это проявляется в том, что верхняя часть заряда из смеси АСДТ имеет недостаток горючего (положительный кислородный баланс) и взрывается с понижением выделения энергии и повышением выхода ядовитых оксидов азота. Нижняя часть заряда имеет избыток горючего (отрицательный кислородный баланс) с повышенным выделением ядовитых оксидов углерода и низким выделением энергии при взрыве. Образующаяся в итоге система дает отрицательные результаты по эффективности применения смесей типа АСДТ на взрывных работах.

Аммиачная селитра (аммония нитрат) – полиморфное кристаллическое вещество. При понижении температуры от 169,6 °С (температура плавления АС) до –18 °С или, наоборот, при повышении в этих пределах кристаллическая решетка АС может иметь пять различных структур. При модификационных превращениях происходит изменение объема и плотности кристаллов [1, 9] (рис.1, 2).

Прочность кристаллов и гранул АС зависит от способа их получения при изготовлении и числа модификационных превращений, которым они могут быть подвергнуты в процессе хранения продукта. При повторных модификационных превращениях, в частности при переходе через температурную точку 32,2 °С (модификационный переход III-IV-III), что возможно в реальных условиях работы с АС, гранулы АС характеризуются большим изменением объема кристаллов и растрескиваются. С растрескиванием гранул (рис.3) повышается их впитывающая способность по отношению к нефтепродуктам, но уменьшается прочность. Это явление сильно затрудняет получение стабильных смесей АСДТ в реальных условиях горного производства.

Опыт изготовления АСДТ в условиях Монголии показывает, что в результате хранения аммиачной селитры в условиях резко континентального климата и активного ультрафиолетового излучения (основная часть страны находится на высоте 1000-1200 м над уровнем моря, солнечная погода преобладает более 300 дней

Рис.1. Зависимость удельного объема нитрата аммония от температуры при фазовых переходах в стандартных условиях

Рис.2. Зависимость плотности нитрата аммония от температуры при фазовых переходах в стандартных условиях

Рис.3. Изменение структуры гранул селитры при фазовом переходе

Рис.4. Изменение температурных границ фазовых переходов АС IV-V (а) и IV-III (б) в условиях Монголии при различной влажности и сроке хранения гранул
1 – стандартное значение; 2 – 1 мес.; 3 – 2 мес.; 4 – 3 мес.

в году, влажность селитры не превышает 1,0-0,35 %) температурные фазовые переходы существенно отличаются от стандартных значений.

Для определения численных значений фазовых переходов АС в условиях Монголии нами были проведены лабораторные исследования температурных границ фазовых переходов для селитры, находящейся под воздействием ультрафиолетового излучения на открытой площадке в течение 3 мес. в температурных режимах, соответствующих фазовым переходам (рис.4).

При изготовлении смесей АСДТ аммиачная селитра в виде плотных гранул удерживает не более 2 % [8] жидкого топлива, что недостаточно для выделения максимальной энергии взрыва такого состава. При этом выделяется большое количество оксидов азота, имеющих выраженное токсическое действие. Фазовые переходы приводят к деструкции гранул селитры, возникновению нарушений сплошности поверхности гранул (см. рис.2), образованию внутренних трещин и повышению удерживающей способности селитры до 12 %, что кратно превышает стехиометрическое соотношение.

В зависимости от условий и времени хранения селитры ее деструкция происходит неконтролируемо и неравномерно по объему, что приводит к формированию заряда ВВ в виде «слоеного пирога» с различными по высоте детонационными характеристиками. Изготовление смесей АСДТ в таких условиях может вызвать неполную детонацию или выгорание части заряда из-за избытка или недостатка жидкого горючего. При этом выделяются продукты горения и детонации: углерод, его оксид и оксиды азота (рис.5) При избытке жидкого горючего он является флегматизатором компонентов ВВ. Следовательно, при взрыве мы получаем скважинные заряды с

Рис.5. Фотография взрыва заряда смесей АСДТ типа «слоеный пирог», заряженного смесительно-зарядной машиной на разрезе Баганур

различными неуправляемыми детонационными характеристиками, что резко снижает уровень безопасности и эффективность взрывных работ.

Следовательно, для получения ВВ на базе смесей АСДТ в условиях Монголии необходимы предварительная подготовка АС и технология изготовления смесей АСДТ, учитывающая деструктивные процессы в АС.

Заключение. Результаты экспериментальных исследований показали, что однократный нагрев аммиачной селитры до температуры выше температуры фазового перехода III-IV (около 32,3 °C) позволяет увеличить показатель маслопо-

глощения гранулированной АС по отношению к ДТ до 4,5-5 %. Этого еще недостаточно для получения полностью стабильной сбалансированной по соотношению окислитель – горючее смеси, но существенно улучшает качество смеси АСДТ на поризованной АС по сравнению со смесью исходной гранулированной селитры. В результате большого объема испытаний и наблюдений установлено что при осуществлении однократного цикла фазовых переходов IV-III-IV показатель маслопоглощения возрастает на 25-30 % по сравнению со значением для исходной АС.

Двукратный нагрев высокоплотной АС приводит к более чем 6-процентному увеличению удерживающей способности полученного продукта по отношению к ДТ, что обеспечит получение стабильных смесевых ВВ стехиометрического состава, повышение качества взрывных работ и их промышленную безопасность.

Реализация такого технологического процесса на практике подлежит технико-экономической оценке с учетом особенностей конкретного горного предприятия

ЛИТЕРАТУРА

1. Аммиачная селитра. Свойства, производство, применение / А.К.Чернышев, Б.В.Левин, А.В.Туголуков и др. М.: ИНФОХИМ, 2009. 544 с.
2. Влияние типа и свойств аммиачной селитры на взрывчатые характеристики сыпучих смесевых ВВ / В.Г.Додух, А.В.Старшинов, А.М.Черниловский, Ж.Жамьян, В.Ю.Фадеев // Проблемы взрывного дела. М.: Изд-во МГГУ, 2002. С. 132-139.
3. Исследование физико-химических и взрывчатых характеристик систем на основе гранулированной аммиачной селитры / А.В.Старшинов, О.Б.Литовка, С.В.Арина, Г.Д.Козак // Вопросы надежности и безопасности технологических процессов. М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2006. 128 с.
4. Минович М.А. Производство аммиачной селитры. М.: Химия, 1968. 212 с.
5. Роль Н.В.Мельникова в создании ВВ простейшего состава (игданитам 50 лет: успехи, проблемы и перспективы применения) / К.Н.Трубецкой, И.В.Милетенко, А.В.Старшинов и др. // Развитие идей Н.В.Мельникова в области комплексного освоения недр. М.: ИПКОН РАН, 2009. С. 25-33.
6. Старшинов А.В. Некоторые принципиальные основы и технические особенности применения аммиачной селитры в смесевых ВВ / А.В.Старшинов, А.И.Овян, В.Ю.Фадеев // Взрывное дело. № 91/48. 1998. С. 147-153.
7. Улучшение свойств смесей АСДТ технологическими приемами и специальными добавками / А.В.Старшинов, Ж.Жамьян, М.Н.Богданов, В.Ю.Фадеев // Взрывное дело-99. М.: Изд-во МГГУ, 1999. С. 89-95.
8. Физико-химические характеристики простейших составов на основе пористой гранулированной аммиачной селитры / О.Б.Литовка, Е.Ю.Чугреева, А.В.Старшинов, Г.Д.Козак // Успехи в химии и химической технологии. 2007. Т. 21. № 5. С. 35-40.
9. Experience of use of the porous granulated ammonium nitrate at the enterprises conducting explosive works / V.V.Galkin, I.Yu.Maslov, Yu.A.Bulantsev et al. // Explosive business. 91/48.1998. P. 226-230.
10. Clark George B. Basic Properties of Ammonium Nitrate Fuel Oil Explosives (ANFO). USA, Colorado School of Mines // Quarterly. 1981. Vol. 76. N 1. P. 30-35.
11. Shock and detonation general kinetics and thermodynamics in reactive systems computer package / A.I.Sumin, B.N.Kondrikov, V.N.Gamezo, V.M.Raikova // Proceeding 11th Int. Detonation Symposium. USA. Bookcomp, Ampersand. 2000. P. 30-35.

Авторы: В.А.Белин, *д-р техн. наук, профессор, bvatggu@mail.ru* (Горный институт НИТУ МИСиС, Москва, Россия), Г.П.Парамонов, *д-р техн. наук, профессор, paramonov@spmi.ru* (Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия), Жижиг Жамьян, *генеральный директор, savmon@inbox.ru* (Компания «Монмаг», Улан-Батор, Монголия).

Статья поступила в редакцию 5.06.2017.

Статья принята к публикации 22.02.2018.