ДРАГАН Б. ПЕТРОВИЧ
Корпорация «TRAYAL», Сербия
Ж.ЖАМЬЯН, А.В.СТАРШИНОВ
Компания «Монмаг», Монголия
В.Ю.ФАДЕЕВ
НПП «Интеррин», Республика Казахстан

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ СМЕСЕВЫХ ВВ ПО ОПЫТУ РАБОТЫ В МОНГОЛИИ И ЮГОСЛАВИИ (СЕРБИИ)

Известно, что взрывчатые характеристики и эффективность взрыва смесевых взрывчатых составов определяют не только химический состав и соотношение компонентов, но и их физическое состояние и однородность взаимного распределения (смешения). Наиболее известным примером являются смеси аммиачной селитры и тротила: граммонит 79/21 и аммонит 6ЖВ, которые одинаковы по химическому составу, но значительно отличаются друг от друга по дисперсности компонентов и,соответственно,по критическому диаметру, скорости, давлению детонации и т.д. [6]. Здесь следует отметить, что при определении однородности гетерогенной системы необходимо учитывать как размеры и однородность смешивания конденсированных составляющих композиции, так размеры и однородность распределения возможных, а иногда необходимых, газовых включений, что характерно, например, для сыпучих смесей на основе пористых гранул аммиачной селитры (АС) и водосодержащих ВВ в виде эмульсий и(или) суспензий.

Для качественной оценки структуры смесевых систем можно воспроизвести схему [4], дополнив ее структурой ВВ типа «Slurry» и эмульсионных ВВ с газовыми включениями.

Согласно современным представлениям о механизме детонации, взрыв ВВ является многостадийным и сложным процессом как на стадиях превращения исходного вещества в продукты взрыва (промежуточные и конечные), так и на стадиях взаимодействия продуктов взрыва (ПВ) с окружающей средой – взрываемой породой.

Качественную картину и некоторые характерные параметры взрыва можно представить в виде схемы (рис.1). Наиболее определенным в приведенной схеме является давление детонации

$$P_д = 0{,}25\rho_н D^2,$$

где $\rho_н$ – плотность ВВ; D – скорость детонации.

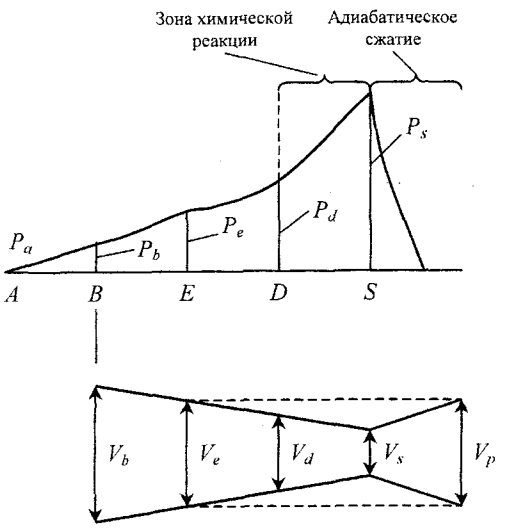


Рис.1. Характерные параметры P и V в процессе взрывчатого превращения заряда ВВ

Известно, что в случае идеальной детонации в точке Чепмена – Жуге (Ч-Ж) плотность газообразных ПВ больше, чем плотность твердого ВВ, и линейно зависит от начальной плотности ВВ (Камлет и Якобс, 1968):

$$\rho = 0{,}14 + 1{,}26\rho_н.$$

Давление во фронте ударной волны [1]

$$P_s = 2PD.$$

За плоскостью Ч-Ж происходит дальнейшее расширение продуктов взрыва, и в момент достижения исходного объема ВВ можно выделить точку E, давление P_e в которой определяется как давление взрыва (давление мгновенной детонации) [1]:

$$P_e = PD/2$$

Левее точки E (рис.2) идет дальнейшее расширение ПВ, где в качестве одного из состояний может быть выделен момент столкновения ПВ со стенками скважины (точка B), однако количественная оценка параметров в этой точке уже затруднена и должна производиться с учетом свойств породы (материала) стенок скважины.

Интересной представляется модель развития процесса и выделения энергии во взрывной волне после удара ПВ о стенку скважины (рис.2), т.е. начиная от точки B на рис.1, которой соответствует давление P_3 на рис.2.

Приведенные схемы структуры ВВ и развития взрыва в породе определяют возможности и направления воздействия на исходные компоненты и получаемую из них взрывчатую смесь для более эффективного использования энергии взрыва при разрушении горных пород.

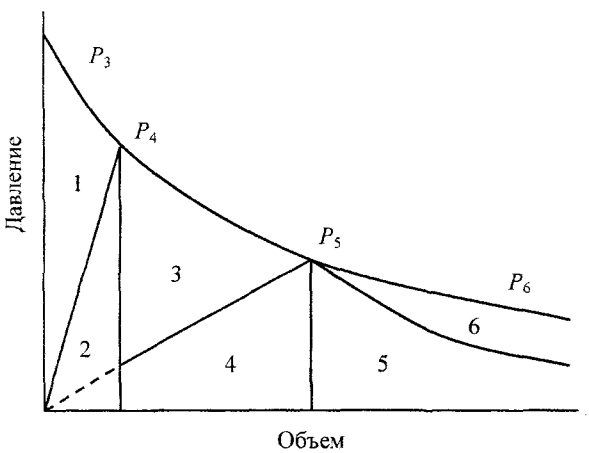


Рис.2. Диаграмма выделения энергии при взаимодействии с разрушаемой породой (диаграмма Лоундса)
1 – кинетическая составляющая ударно-волновой (УВ) энергии; 2 – статическая составляющая УВ; 1 + 2 – бризантная энергия; 3 + 4 – энергия разрушения (фрагментации); 4 – энергия в массиве при расширении продуктов взрыва (ПВ); 1 + 2 + 3 + 4 – энергия разрушения; 5 – энергия расширения ПВ за пределами взорванной породы; 1 + 2 + 3 + 4 + 5 – полная энергия взрыва; P_3 – давление УВ на границе ПВ – порода; P_4 – давление за УВ; P_5 – давление ПВ в момент прорыва по ЛНС; P_6 – атмосферное давление

Для повышения бризантности и дробящего действия ВВ необходимы повышенные плотность заряда и скорость детонации, которые в общем случае связаны между собой определенной зависимостью: для конденсированных ВВ увеличение плотности на 0,1 г/см^3 дает прирост скорости детонации на 200-300 м/с. Скорость детонации зависит от полноты химического превращения ВВ в зоне химической реакции от фронта УВ до плоскости Ч-Ж, а полнота превращения смесевых ВВ при одинаковом компонентном составе зависит в значительной мере от однородности (качества смешения) смеси.

При применении сыпучих смесевых ВВ на основе гранулированной АС эффективное сочетание взрывчатых характеристик и эксплуатационных свойств обеспечивается применением АС в виде пористых гранул, в которых достигается высокая равномерность распределения жидкого горючего и газовых включений. При отсутствии пористых гранул АС целесообразно и эффективно использование высокоплотной АС общетехнического на-

значения с переводом ее в состояние, подобное пористому, как это реализовано на стационарном пункте изготовления ВВ в компании «Монмаг» (Монголия) [2].

Управление взрывчатыми характеристиками сыпучих смесевых ВВ возможно путем применения пористой АС различной плотности, которая в мировой практике для промышленных марок пористой АС изменяется в пределах 0,65-0,95 г/см^3. Дальнейшее уменьшение плотности может быть достигнуто разбавлением заряда ВВ инертными или горючими пористыми наполнителями, например: вспененным полистиролом или карбамидо-формальдегидным полимером и т.д. Наоборот, увеличение плотности ВВ и, соответственно, детонационных параметров может быть достигнуто уплотнением заряда, например, при пневмотранспортировании, а также введением высокоэнергетических горючих добавок – металлических порошков [5].

При применении водосодержащих ВВ интересной является технологическая схема, первоначально возникшая в американской компании «IRECO» и успешно эксплуатируемая уже в течение 25 лет в Югославии (Сербии) [3].

Технология изготовления водосодержащих ВВ на месте применения НАЛИМ® основана на использовании смесительно-зарядной машины (СЗМ) типа SMS (Site Mixing Sistem), которая обеспечивает получение ВВ в гелеобразном состоянии или в виде эмульсий, как прямых, так и обратных, из исходных невзрывчатых компонентов непосредственно на заряжаемом блоке.

В настоящее время корпорация «TRAYAL» (Югославия) имеет лицензионные права и техничесикие возможности изготовления СЗМ типа SMS НАЛИМ®. Конструктивное исполнение машины позволяет изготавливать различные типы взрывчатых смесей: водосодержащие ВВ типа «Slurry» (эмульсии «прямого» типа и суспензии), ВВ в виде «обратных» эмульсий, а также смеси этих ВВ с ANFO («тяжелые» ANFO).

Регулирование энергии взрывчатых композиций, изготавливаемых по технологии НАЛИМ,осуществляется изменением состава раствора окислителей в виде одной АС или ее сочетаний с кальциевой и(или) натриевой селитрами, изменением степени газификации смеси и введением твердых горючих добавок (порошков металлов и т.п.). По этой технологии можно получать смеси с потенциальной энергией взрыва в диапазоне 2500-5000 кДж/л (600-1200 ккал/л).

Как уже отмечалось, скорость выделения энергии (или скорость детонации) во взрывчатой системе зависит от однородности смеси. В системах типа «обратной» эмульсии определяющим является размер частиц окислителя в непрерывной масляной фазе. Различие в структуре ВВ выражается в различной скорости детонации и величине критического диаметра детонации.

Здесь важно отметить, что компонентный состав «прямых» и «обратных» эмульсий практически одинаков: АС или смесь АС и других селитр, вода, масло (дизельное топливо), поверхностно-активные вещества (ПАВ), газообразующие и структурирующие добавки. Отличие смесей состоит, в основном, в типах ПАВ, количество которых составляет 2-3 % от массы ВВ. Естественно, что при использовании твердых горючих добавок определенное влияние на поведение системы имеют размеры и форма частиц, а также химическая природа добавок.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Баум Ф.А.* Физика взрыва / Ф.А.Баум, К.П.Станюкович, Б.П.Шехтер. М., Физматгиз, 1959.

2. *Жамьян Ж.* Опыт производства и применения взрывчатых материалов на карьерах Монголии / Ж.Жамьян, Б.Н.Картузов, А.В.Старшинов // Горный журнал, 2000. № 8.

3. *Petrovich Dragan B.* The production and pumping watergel and emulsion by the same pump truck system // Физические проблемы взрывного разрушения массивов горных пород / ИПКОН РАН. М., 1999.

4. *Старшинов А.В.* Некоторые принципиальные основы и особенности применения аммиачной селитры в смесевых ВВ /А.В.Старшинов, А.И.Овян, В.Ю.Фадеев // Взрывное дело.1998. № 91/48.

5. *Тамбиев Г.И.* Технология приготовления и применения простейших ВВ / Г.И.Тамбиев, А.М.Бейсебаев, В.Ю.Фадеев. ИПКОН РАН. М., 1996.

6. *Шведов К.К.* Экологические проблемы применения взрыва при добыче полезных ископаемых // Физические проблемы взрывного разрушения массивов горных пород / ИПКОН РАН. М., 1999.