

С.А. Горинов, И.Ю. Маслов

**ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ
ФАЗЫ ЭМУЛЬСИИ ЭВВ НА ВЗРЫВЧАТЫЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИ ИХ СЕНСИБИЛИЗАЦИИ
ПЛАСТИКОВЫМИ ПОЛИМИКРОСФЕРАМИ**

Рассмотрено влияние химического состава окислительной фазы эмульсии ЭВВ на взрывчатые характеристики при их сенсбилизации пластиковыми полимикросферами.

Ключевые слова: эмульсионные матрицы, взрывчатые вещества, пластиковые микросферы, скорость детонации.

В настоящее время горнодобывающие предприятия применяют эмульсионные взрывчатые вещества, имеющие окислительную фазу различной химической природы (на базе только NH_4NO_3 , а также $NH_4NO_3 + NaNO_3$ и $NH_4NO_3 + Ca(NO_3)_2$). Известно [1, 2] что химический состав окислительной фазы ЭВВ оказывает существенное влияние на детонационные характеристики ЭВВ, сенсбилизированные газовыми пузырьками или стеклянными микросферами. Оценка влияния химического состава окислительной фазы на взрывчатые характеристики ЭВВ сенсбилизированные пластиковыми полимикросферами ранее не рассматривалась. Однако разрешение данного вопроса является необходимым для обоснования выбора химического состава окислительной фазы для матричной эмульсии при создании рассматриваемого вида ВВ.

Данная работа посвящена оценке влияния химического состава окислительной фазы эмульсионной матрицы на взрывчатые характеристики эмульсионных взрывчатых веществ сенсбилизированных пластиковыми полимикросферами.

В основу методики положены закономерности, следующие из законов сохранения энергии и импульса [2-6].

Допустим, что при детонации рассматриваемых ЭВВ происходит химическая реакция согласно уравнению (состояние в т. Чемпена-Жуге)

$$\sum a_m A_m = \sum b_i X_i + \sum f_j Y_j, \quad (1)$$

где A_m - начальные вещества; X_i - газообразные продукты взрыва; Y_j - твердотельные продукты взрыва; a_m, b_i, f_j - мольные коэффициенты.

Удельная теплота взрыва Q_v на основании (1) в соответствии общепринятой методикой [7], равна

$$Q_v = \frac{1}{G} \left[\sum b_i Q_p^{X_i} + \sum f_j Q_p^{Y_j} - \sum a_m Q_p^{A_m} + 2,48 \Delta b \right], \quad (2)$$

где $Q_p^{(Z)}$, кДж/моль - стандартная теплота образования вещества Z ; G - масса вещества вступившего в реакцию; Δb - количество молей газообразных продуктов взрыва.

В соответствии с предположением О.Е. Власова среднее значение коволюма взрывных газов определяется по формуле [8]

$$\alpha = \frac{1}{G} \left[\sum b_i \alpha_i + \sum f_j \alpha_j \right], \quad (3)$$

где $\alpha_{i(j)}$ - коволюм $i(j)$ - вещества.

Согласно [2-5] скорость детонации D и давление в т. Чепмена-Жуге P_* определяется выражением:

$$D^2 = \frac{2(k+1)Q_v}{\bar{c} \left(1 - \frac{k+1}{k} \alpha \rho_0^{2as}\right) (1 - \sum_j \beta_j)} \quad (4)$$

$$P_* = \frac{\rho_0^{2as}}{k+1} D^2 \quad (5)$$

$$\text{где } \rho_0^{2as} = \rho_0 \left(1 - \sum_i \beta_i\right) \left(1 - \rho_0 \sum_i \frac{\beta_i}{\rho_i}\right)^{-1} \quad (6)$$

$\alpha_{i(j)}$ - коволюм $i(j)$ - вещества; Q_v - теплота взрыва; β_i - массовая доля i -твердого вещества в продуктах взрыва; ρ_i - плотность i -твердого вещества в продуктах взрыва; \bar{c} - отношение средней мольной теплоемкости продуктов детонации при температуре взрыва к универсальной газовой постоянной.

Таким образом, для определения детонационных характеристик ВВ необходимо знание величины ρ_0 .

В случае сенсibilизации ЭВВ пластиковыми микросферами начало развития детонационного процесса обусловлено схлопыванием поверхностных микропор [6]. Величина ρ_0 при этом определяется из уравнения [6]

$$\rho_0 = z_{эфф} [\rho_{00} + \rho_{эм} \chi_{возд}] + \rho_{эм} (1 - z_{эфф}), \quad (7)$$

где ρ_{00} - начальная плотность ВВ, $\rho_{эм}$ - плотность эмульсии; $\chi_{возд}$ - пористость ЭВВ, обусловленную воздухом, подхваченным при смещении полимикросфер с эмульсией; эффективная пористость ЭВВ $z_{эфф} = 1 - \frac{\pi R_o}{R_{гран}} (1 - z)$, $R_{гран}$ - радиус

полимикросферы. R_o - радиус микропоры, z - относительное уменьшение объема поверхностной поры.

Величина z для поверхностных микропор определяется из уравнения [5]

$$z_3 = \left(1 - \frac{\chi_3^o D_* + \sqrt{\frac{2P_f}{3\rho_*} \left(\frac{1}{z_3} - 1\right)}}{R_o} \frac{\pi \Delta T^2 \lambda_c C_c}{\mu^2 \rho_c \left(\frac{1}{2} \chi_3^o D_* + \sqrt{\frac{2P_f}{3\rho_*} \left(\frac{1}{z_3} - 1\right)}\right)^6 \left(\frac{R_o}{\Delta}\right)^6} \right)^3. \quad (8)$$

где R_o - радиус микропоры, Δ - размер частиц эмульсии; P_f - величина фронтального давления детонационной волны; ρ_c , λ_c , C_c - плотность, коэффициент теплопроводности и удельная теплоемкость аммиачной селитры соответственно; μ - внутренний коэффициент трения аммиачной селитры; ρ_3 - плотность матрицы ЭВВ; χ_3^o - пористость эмульсионной составляющей ВВ, обусловленная полимикросферами; ΔT - подъем температуры ЭВВ вследствие трения, необходимый для начала реакции взрывного горения.

Величина ΔT определяется, исходя из уравнения:

$$\Delta T = \left(T_* + \frac{w_1 L_1 + w_2 L_2}{c_3} \right) (1 + k_\varepsilon) - T_o \left(1 + k_\varepsilon \frac{T_u}{T_o} \right). \quad (9)$$

где $T_* = 523$ К (температура начала автокаталитической реакции разложения аммиачной селитры [1]); w_1 и w_2 - удельные площади пленок воды и аммиачной селитры на поверхностях трещин сдвига соответственно; L_1 и L_2 - удельные теплоты парообразования воды и разложение аммиачной селитры соответственно; k_ε - коэффициент термоактивности

$$k_\varepsilon = \sqrt{\frac{\lambda_1 c_1 \rho_1}{\lambda_3 c_3 \rho_3}}, \quad (10)$$

(λ_1 , c_1 , ρ_1 - коэффициент теплопроводности, теплоемкость и плотность газов в пузырьке (в ударной волне); λ_3 , c_3 , ρ_3 - коэффициент теплопроводности, теплоемкость и плотность эмульсии);

$$T_u = \frac{8(\gamma_1 - 1)}{(\gamma_1 + 1)^2} \frac{\mu_1}{R} (W - U)^2 \quad (11)$$

где R - универсальная газовая постоянная; W - массовая скорость вещества ВВ за фронтом ударной волны, U - приращения массовой скорости [2]; (γ_1 , μ_1 коэффициент адиабаты, средний молекулярный вес газов пузырька соответственно);

$$\text{величина } \rho_1 \text{ равна: } \rho_1 = \rho_1^o \frac{\gamma_1 + 1}{\gamma_1 - 1} \quad (12)$$

(ρ_1^o - начальная плотность газов в пузырьке).

Система уравнений (1)-(12) позволяет учесть влияние химического состава окислительной фазы эмульсии ЭВВ на взрывчатые характеристики эмульсионных взрывчатых веществ сенсibilизированных пластиковыми полимикросферами.

Рассматривались ЭВВ, имеющие следующие составы эмульсионных матриц:

- **состав №1** (NH_4NO_3 -79,8 %, H_2O - 15 %, топл. фаза -5,2 %).

- **состав №2** (NH_4NO_3 -45 %, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ - 32 %, H_2O - 15 %, топл. фаза - 8,0 %).

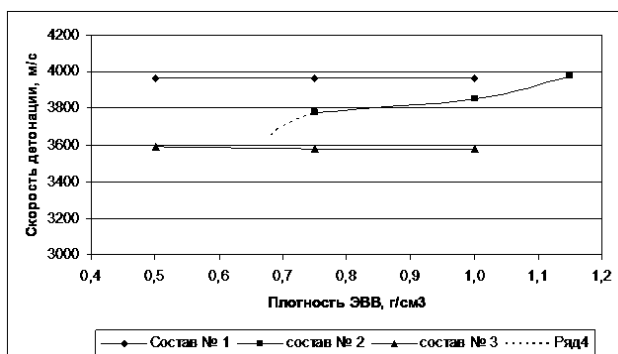


Рис. 1. Зависимость скорости детонации от плотности ЭВВ при различных химических составах окислительной фазы эмульсии

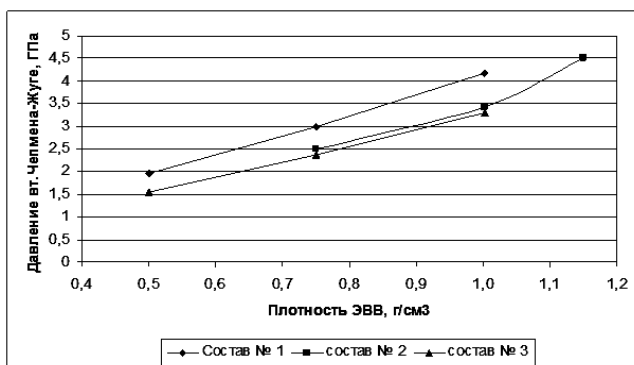


Рис. 2. Зависимость давления в т.Чепмена-Жуге от плотности ЭВВ при различных химических составах окислительной фазы эмульсии

На рис. 1-3 приведены расчетные зависимости скорости детонации, давления во взрывных газах в т. Чепмена-Жуге, коэффициента политропы продуктов взрыва от плотности ЭВВ при различных химических составах окислительной фазы ЭВВ. Штриховой линией на рис. 1 обозначена область неустойчивой детонации.

Анализ полученных зависимостей показывает:

- величина коэффициента политропы газообразных продуктов взрыва для составов №1 и №3 при равных плотностях ВВ практически совпадает и выше чем указанный показатель для состава №2;
- наивысшая скорость детонации наблюдается для состава №1. Состав №2 достигает скорости детонации состава №1 при существенно более высоких плотностях ВВ. Скорость детонации состава № 3 наименьшая;
- давление во взрывных газах в т.Чепмена-Жуге удовлетворяет ряду $P(\text{состав № 1}) > P(\text{состав № 2}) > P(\text{состав № 3})$.

- **состав №3** (NH_4NO_3 - 62,8 %, NaNO_3 - 16,4 %, H_2O - 14,4 %, топл. фаза - 6,4 %).

Сенсибилизация осуществляется гранулами пенополистирола. Радиус гранулы 1,5 мм, радиус единичной поры в грануле 60 мкм, насыпная плотность пенополистирола 0,05 г/см³. При расчетах полагали, что объем «подхваченного» воздуха при смешении матричной эмульсии с полимикросферами пропорционален объему вводимых полимикросфер.

Величина χ_{air} изменяется для составов №1 и №3 от 0,18 до 0,05 при увеличении плотности ЭВВ от 0,5 г/см³ до 1,0 г/см³, а для состава № 2 от 0,20 до 0,07 при увеличении плотности ЭВВ от 0,5 г/см³ до 1,0 г/см³.

Размер глобул эмульсии состава №1: 5 мкм.

Размер глобул эмульсии состава №2: 3,8 мкм.

Размер глобул эмульсии состава №3: 5 мкм.

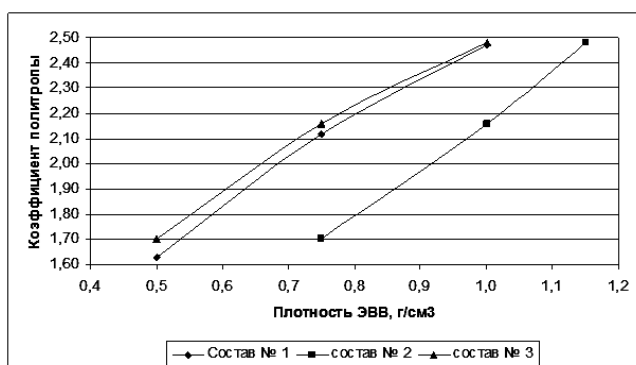


Рис. 3. Зависимость коэффициента политропы продуктов взрыва от плотности ЭВВ при различных химических составах окислительной фазы эмульсии

лучшие взрывчатые характеристики при сенсibilизации ВВ пластиковыми полимикросферами будут иметь ЭВВ с окислительной фазой на базе только аммиачной селитры (так называемый «монораствор»).

Полученные выводы представляются важными при проектировании и применении рассматриваемого вида ВВ (ЭВВ, сенсibilизированного пластиковыми полимикросферами).

Аномальное поведение скоростей детонации (слабая зависимость от плотности) для составов №1 и №2 объясняется принятой в расчете закономерностью аэрации ВВ при их изготовлении. Однако, как показывают дополнительные расчеты, зависимость давления во взрывных газах от плотности остается практически неизменной при рассмотрении других закономерностей аэрации.

Приведенные расчеты показывают, что наилучшие

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колганов Е.В., Соснин В.А. Эмульсионные промышленные взрывчатые вещества. 1-я книга (Составы и свойства). Дзержинск Нижегородской области, издательство ГосНИИ «Кристалл», 2009. 592 с.
2. Влияние химической природы окислителя на детонационные характеристики ЭВВ. Горин С.А., Куприн В.П., Коваленко И.Л., Собина Е.П. // В кн.: Развитие ресурсосберегающих технологий во взрывном деле. III Уральский горно-промышленный форум.- Екатеринбург, 2010 С.191-201.
3. Горин С.А., Куприн В.П., Коваленко И.Л. Оценка детонационной способности эмульсионных взрывчатых веществ // В кн.: Высокоэнергетическая обработка материалов.- Днепропетровск: Арт-пресс, 2009.- с.18-26.
4. Горин С.А. Теоретическая оценка детонационных параметров гранэммитов. // ГИАБ, 2010, №8, С.121-130.
5. Кулузов Б.Н., Горин С.А. Физико-технические основы создания эмульсионных и гранулированных ВВ и средств их инициирования. // ГИАБ, 2011 (в печати).
6. Горин С.А., Маслов И.Ю. Оценка детонационных параметров эмульсионных взрывчатых веществ сенсibilизированных пластиковыми полимикросферами. // ГИАБ, 2011 (в печати).
7. Баум Ф.А., Станюкович К.П., Шехтер Б.И. Физика взрыва.- М.: Физматгиз, 1959. 800 с.
8. Власов О.Е. Основы теории действия взрыва. М.: Изд-во ВИА, 1957. 408 с. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Горин С.А. – кандидат технических наук, Akaz2006@yandex.ru

Маслов И.Ю. – генеральный директор, «Спецхимпром», г. Москва, ilmaslov@mail.ru