

ЛИТЕРАТУРА

1. Otto H. E., Carpenter S. H. Explosive cladding of large steel plates with lead // Welding J.— 1972.— 51, N 7.— P. 7—13.
2. Бесшапошников Ю. П., Кожевников В. Е., Чернухин В. И. Получение биметалла алюминий + сталь с использованием остаточного давления продуктов детонации // Обработка материалов импульсными нагрузками: Тем. сб. науч. тр.— Новосибирск: СКБ ГИТ, ИТПМ СО АН СССР.— 1990.— С. 266—269.
3. Кожевников В. Е., Бесшапошников Ю. П., Глобин Н. К. и др. Детонация плоских зарядов смесевых ВВ применительно к сварке взрывом // ФГВ.— 1990.— 26, № 3.— С. 115—118.
4. Бесшапошников Ю. П., Кожевников В. Е., Пай В. В., Чернухин В. И. Метание пластин слоями смесевых ВВ // ФГВ.— 1988.— 24, № 4.— С. 129—132.
5. Адамец М., Злобин Б. С., Киселев В. В. Экспериментальное определение угла поворота пластин при метании низкоскоростными взрывчатыми веществами // Обработка материалов импульсными нагрузками. Тем. сб. науч. тр.— Новосибирск: СКБ ГИТ, ИТПМ СО АН СССР.— 1990.— С. 211—215.

г. Екатеринбург

Поступила в редакцию 12/III 1992

УДК 534.222.2 + 662.215.4

С. Г. Андреев, В. С. Соловьев

К АНАЛИЗУ ПРОЦЕССА ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЯ ЗАРЯДОВ ВВ ИЗ УТИЛИЗИРУЕМЫХ ВЗРЫВНЫХ УСТРОЙСТВ

В настоящее время актуальна задача безопасного и экологичного извлечения ВВ из корпусов взрывных устройств при их утилизации. Если в камере корпуса, по форме близкой к цилиндрической, имеется свободное отверстие, то ВВ можно выбросить вдоль камеры за счет его вращения вокруг оси, перпендикулярной оси взрывного устройства. При анализе процесса центрифугирования ВВ необходимо ответить на следующие вопросы: при каких условиях центробежные силы недостаточны для удержания ВВ в корпусе и при каких условиях торможение ВВ, выброшенного из корпуса на улавливатель, будет безопасным.

Ответ на первый вопрос в первом приближении дает анализ зависимости средних «уравновешивающих» напряжений σ в сечениях цилиндрического тела из ВВ плотностью ρ диаметром d от расстояния x до «свободного» торца, обращенного к отверстию (этот торец удален от оси вращения на расстояние R). В предположении, что касательные напряжения на поверхности цилиндрического тела в момент «нарушения равновесия», т. е. начала схода тела или его фрагментов с круговой траектории (выброса из корпуса), равны предельному значению τ (в частности, прочности ВВ на сдвиг), а внешнее давление на «свободный» торец равно p_0 , имеем (p_0 может быть равно и атмосферному давлению p_a)

$$\bar{\sigma} = (\nu R/A)^2 \bar{x}(2 - \bar{x})/2 - 4\bar{\tau}\bar{x}R/d - p_0/p_a, \quad (1)$$

где ν — частота вращения; $A = \sqrt{p_a/\rho}/2\pi$; $\bar{x} = x/R$; $\bar{\sigma} = \sigma/p_a$; $\bar{\tau} = \tau/p_a$.

Анализ (1) совместно с данными о возможных значениях τ (характеристики прочности ВВ на сдвиг либо сцепления его с корпусом устройства), предельных значений σ (характеристики прочности ВВ на разрыв либо его сцепление с дном корпуса) и размеров камеры, показывает на возможность выброса цилиндрического заряда как в сплошном, так и в диспергированном состоянии (разрушенном на мелкие фрагменты, которые могут выбрасываться даже через сужающиеся отверстия). В обоих случаях ВВ, выбрасываемое на улавливатель со скоростью $\sim 2\pi\nu R$, приобретает новую, поврежденную структуру.

Наиболее опасной из возможных ситуаций, возникающих в частности при ударном торможении ВВ на улавливателе, будет возбуждение

очагового горения на дефектах структуры заряда — порах. Анализ очагового разложения ВВ, инициированного ударно-волновым начальным импульсом с заданным уровнем давления p и скоростью его спада при разгрузке $\partial p/\partial t$, показывает, что в случае незначительного превышения порогового уровня давления p_t вероятен нетривиальный двухстадийный механизм эволюции взрывного превращения, приводящий к сильному разрушительному действию, если значения параметров начального импульса p и $\partial p/\partial t$ принадлежит области с границами $g(p; \partial p/\partial t) = 0$ и $s(p; \partial p/\partial t) = 0$. Эти границы в первом приближении описываются зависимостями

$$\frac{\partial p}{\partial t} = -\pi B^2 p^3 / (2\kappa), \quad (2)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} = -(\Pi/r) [k/(k+1)] [p_{сж}/p]^{1/k} B p^2 \xi^2; \quad \xi = r_i/r. \quad (3)$$

Выражения (2), (3) определяют критические условия для погасания ВВ, зажигающегося на коллапсирующих порах, и для отсутствия нарастания скорости очагового разложения за фронтом ударной волны (УВ) соответственно.

В (2), (3) B — константа в законе горения $u = Bp$; κ — температуропроводность ВВ; Π — пористость заряда с порами радиуса r ; k — показатель адиабаты продуктов детонации; $p_{сж}$ — давление в плоскости Жуге; r_i — радиус поры в момент зажигания. При этом на первой стадии (обусловленной падением скорости горения в очагах без погасания ВВ) за фронтом УВ в ударившемся заряде или его фрагменте возникает «глюющее» длительное время (до десятков микросекунд) разложение с ничтожно малой скоростью.

В зависимости от структуры и реологических свойств ВВ, определяющих при ударном торможении поврежденность структуры и химическую активность вещества на образующихся трещинах, возможна вторая стадия — интенсификация в части ударившегося ВВ очагового разложения (обусловленная сначала увеличением поверхности горения). В дальнейшем это приводит к возбуждению детонации в периферийных зонах ВВ с поврежденной структурой (образованной затухающей УВ с давлением, упавшим ниже порогового уровня p_t зажигания ВВ на порах) либо к объемному взрывному сгоранию частиц ВВ, диспергированных в воздухе.

Расчетные методики, основанные на приведенных соотношениях и экспериментальных данных по влиянию начальной температуры заряда на характеристики воспламеняемости ВВ на неоднородностях структуры и его интеркристаллической прочности, для практической реализации безопасного центрифугирования из корпусов взрывных устройств взрывчатых составов на основе флегматизированного гексогена прогнозируют необходимость предварительного прогрева зарядов ВВ до температуры 60—90 °С. Опыты на экспериментальных центрифугах подтверждают, что прогнозируемые режимы требуется соблюдать.

г. Москва

Поступила в редакцию
19/II 1992

ПОПРАВКА

В № 4 1992 г. на стр 67 формулы (3) следует читать:

$$v|_{r=r_+} = \frac{(\rho_s u_s)|_{r=r_+}}{\bar{\rho}} = \frac{(\rho_s u_s)_+}{\bar{\rho}},$$

$$v|_{r=r_-} = \frac{(\rho_s u_s)|_{r=r_-}}{\bar{\rho}} = \frac{(\rho_s u_s)_-}{\bar{\rho}},$$