

женного уравнения состояния  
динамических параметров  
елировании ударно-волновых и

COMPRESSION  
IN ZENE

А.К. Музыря,  
Каров

та on hydrostatical compression at  
pressed in diamond anvils. The  
nd also multiframe synchrotron

elmholtz potential with the Born-  
ment was proposed for a solid  
B under hydrostatic compression  
ation. Shock-wave compression  
component into the equation of

onation processes, the proposed  
describing the thermodynamic

Ы В ОБРАЗЦАХ  
ОГО ВВ

О.В. Костицын,  
стин, А.Н. Киселёв

Россия

и в низкочувствительных ВВ  
но и в пространственном  
торы, влияющие на развитие и

ования процесса поворота  
цилиндрических образцах из  
пространения детонационной  
образцов ВВ по различным  
им методом регистрировался  
рхности образцов. В качестве  
ациональной волны, был выбран  
нной волны на боковую либо

торцевую поверхность образца. Выход детонационной волны сразу на торцевую поверхность свидетельствует о «канальном» распространении детонации в ВВ. Процесс поворота детонационной волны в объеме зависит от ряда факторов, описывающих детонационную способность исследуемого ВВ.

В ходе исследований экспериментально определена связь угла поворота детонационной волны с критическим давлением инициирования исследуемого низкочувствительного ВВ.

## DETONATION WAVE TURNING IN SAMPLES OF A LOW-SENSITIVE HE

К.М. Проsvirnin, E.B. Smirnov, B.G. Loboiko, O.V. Kostitsyn,  
Yu.A. Belenovsky, K.M. Miroshkin, I.A. Akhliustin, A.N. Kiselev

RFNC-VNIITF, Snezhinsk, Russia

The detonation generation and development in low-sensitive explosives is determined by dynamics of not only axial, but also spatial propagation. Factors that effect the detonation development and propagation within HE samples prove to be of considerable importance.

Turning of the detonation wave propagating in cylindrical samples of a low-sensitive HE was investigated and results of this investigation are presented. The detonation wave propagation was recorded in different directions within HE samples. In experiments, streak photography was used to record detonation wave arrival at the lateral and end surfaces of samples. An angle between the sample axis and a location of the detonation wave arrival at either lateral or end surface of the sample was chosen as a parameter that characterizes the process of detonation wave turning. Arrival of the detonation wave immediately at the end surface indicates "channel" propagation of detonation in HE. The process of the detonation wave turning within a sample depends on a number of factors that describe detonability of HE under study.

Interdependence between the detonation wave turning angle and the pressure critical for initiation of the test low-sensitive HE was found experimentally.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ПРИ ДЕТОНАЦИИ  
ПЛАСТИФИЦИРОВАННОГО ТАТБ

Н.П. Сатонкина, И.А. Рубцов

Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Методом высокого разрешения [1], разработанного ранее, получено пространственное распределение электропроводности для пластифицированного ТАТБ при плотностях 1.27 и 1.8 г/см<sup>3</sup>. Ранее эксперименты по измерению электропроводности ТАТБ проводились в [2], где тонкая пластинка ВВ нагружалась детонационным давлением при минимизации изменения объема.

Полученные профили имеют выделяющуюся сравнительно узкую область повышенной электропроводности – пик – с длительностью порядка 0.1 мкс, что

близко к литературным данным по длительности химпика для ТАТБ [3]. Максимальное значение электропроводности возрастает в 4 раза при увеличении плотности на 40 %. Аналогичное поведение электропроводности наблюдается для богатого углеродом тротила и отличается от гексогена, где максимальная разница при изменении плотности на 60 % составила около 200 %.

Электропроводность в волне Тейлора спадает слабо, что тоже более характерно для тротила. При аппроксимации профиля для плотности 1.8 г/см<sup>3</sup> экспонентой получено характерное время спада 0.7 мкс. Оговоримся, что это не длительность химпика.

В таблице приведены данные для трех ВВ. Для расчета массовой доли конденсированного углерода использовались данные работ [4, 5]. Приняты следующие обозначения:  $C_1$  и  $C_2$  – массовые доли углерода для молекулы ВВ и для свободного углерода в точке Чепмена-Жуге, КБ — кислородный баланс,  $\sigma_{\max}$  и  $\sigma$  – максимальное значение электропроводности и ее величина в волне Тейлора соответственно.

Таблица.

	$C_1, \%$	$C_2, \%$	КБ	$\sigma_{\max}, \text{Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$	$\sigma, \text{Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$
TNT, $\rho=1.6 \text{ г/см}^3$	37	27.2	-74	~100	~100
ТАТБ, $\rho=1.8 \text{ г/см}^3$	27.9	20,9	-55.8	~17	~5
RDX, $\rho=1.8 \text{ г/см}^3$	16.2	8	-21.6	~7	~0.5

Хорошо прослеживается роль углерода в процессе проводимости: чем выше содержание углерода, тем больше значение  $\sigma_{\max}$ . Характер профиля для ТАТБ тоже представляет собой среднее между распределениями для тротила и гексогена.

Данные этой работы удовлетворительно согласуются с данными работы [2] как по максимальным значениям (17 и 4 Ом<sup>-1</sup>см<sup>-1</sup> соответственно), так и по длительности области, которую уместно соотнести с химпиком.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ N 15-03-01039.

#### Литература

1. А.П. Ершов, Н.П. Сатонкина, Г.М. Иванов. Профили электропроводности в плотных взрывчатых веществах // Химическая физика. 2007, т. 26, № 12, с. 1-13.
2. М.М. Горшков, К.Ф. Гребенкин, А.Л. Жеребцов и др. Кинетика электропроводности продуктов детонации ТАТБ как индикатор процесса роста наночастиц углерода // Физика горения и взрыва, 2007, т. 43, № 1, с. 92- 98.
3. Б.Г. Лобойко, С.Н. Любятинский. Зоны реакции детонирующих твердых взрывчатых веществ // Физика горения и взрыва. 2000, т. 36, № 6, с. 45-64.
4. Мейдер Ч. Численное моделирование детонации М. Мир, 1985. С. 62
5. Физика взрыва / Под ред. Л.П. Орленко. М.: Наука, 2004. Т.1.

## SPATIAL CONDUCT

### OF

Lavrentyev Institu

The spatial distribution densities of 1.27 and 1.8 g/cm [1]. Previous experiments to m in [2], where the thin plate minimizing the change in volum

The obtained profiles co - the peak - with duration of ab of the von Neumann peak for increases by four times when tl for the electrical conductivity maximum difference was about

The electric conductivi characteristic for TNT. When exponential the characteristic d duration of the von Neumann p

The table shows the da condensed carbon the data [4, mass fractions of carbon in HE the oxygen balance,  $\sigma_{\max}$  and  $\sigma$  in the Taylor wave, respectively

Table.

	$C_1, \%$
TNT, $\rho=1.6 \text{ g/cm}^3$	37
ТАТБ, $\rho=1.8 \text{ g/cm}^3$	27.9
RDX, $\rho=1.8 \text{ g/cm}^3$	16.2

The role of carbon in the condu greater the values of  $\sigma_{\max}$  and average between the distribution

The data of this work a value (17 and 4 Ohm<sup>-1</sup>cm<sup>-1</sup>, resp to relate to the von Neumann pe

This work was supported

#### References

1. A.P. Ershov, N.P. Satonkina, Chemical Physics. 2007, v. 26,

SPATIAL CONDUCTIVITY DISTRIBUTION AT THE DETONATION  
OF TATB-BASED EXPLOSIVES

N.P. Satonkina, I.A. Rubtsov

Lavrentyev Institute of Hydrodynamics SB RAS, Novosibirsk, Russia

The spatial distribution of electric conductivity for TATB-based explosives at densities of 1.27 and 1.8 g/cm<sup>3</sup> was obtained by the high-resolution method developed in [1]. Previous experiments to measure the electrical conductivity of TATB were carried out in [2], where the thin plate was loaded with an explosives detonation pressure while minimizing the change in volume.

The obtained profiles contain a relatively narrow region of high electric conductivity - the peak - with duration of about 0.1 μs, which is close to the literature data on the duration of the von Neumann peak for TATB [3]. The maximum value of the electric conductivity increases by four times when the density increases by 40%. A similar behavior is observed for the electrical conductivity of carbon-rich TNT, and is different from RDX where the maximum difference was about 200% with the density change of 60%.

The electric conductivity in the Taylor wave decreases slowly, which is also characteristic for TNT. When approximating the profile for the density 1.8 g/cm<sup>3</sup> by an exponential the characteristic decay time of 0.7 μs was obtained. Notice that it is not the duration of the von Neumann peak.

The table shows the data for three explosives. To calculate the mass fraction of condensed carbon the data [4, 5] were used. The notation is following: C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub> are the mass fractions of carbon in HE molecules and free carbon at the Chapman-Jouguet, OB is the oxygen balance, σ<sub>max</sub> and σ are the maximum value of electric conductivity and the value in the Taylor wave, respectively.

Table.

	C <sub>1</sub> , %	C <sub>2</sub> , %	OB	σ <sub>max</sub> , Ohm <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup>	σ, Ohm <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup>
TNT, ρ=1.6 g/cm <sup>3</sup>	37	27.2	-74	~100	~100
TATB, ρ=1.8 g/cm <sup>3</sup>	27.9	20.9	-55.8	~17	~5
RDX, ρ=1.8 g/cm <sup>3</sup>	16.2	8	-21.6	~7	~0.5

The role of carbon in the conduction process is clearly seen: the higher carbon content, the greater the values of σ<sub>max</sub> and σ. The character of profile for TATB is also somewhat average between the distributions of TNT and RDX.

The data of this work are in reasonable with the data of [2] both for the maximum value (17 and 4 Ohm<sup>-1</sup>cm<sup>-1</sup>, respectively), and the duration of the field, which is appropriate to relate to the von Neumann peak.

This work was supported by the RFBR Grants N 15-03-01039.

## References

1. A.P. Ershov, N.P. Satonkina, G.M. Ivanov Profiles of electric conductivity in solid explosives. Chemical Physics. 2007, v. 26, N 12, p. 1-13.

2. M.M. Gorshkov, K.F. Grebenkin, A.L. Zherebtsov and at. al. Kinetics of electric conductivity of TATB detonation products as an indicator of growth of carbon nanoparticles. *Combustion, Explosion, and Shock Waves* 2007, v. 43, N 1, p. 92- 98.
3. B.G. Lobyko, S.N. Lyubyatinsky Reaction zone at detonation of solid explosives // *Combustion, Explosion, and Shock Waves*. 2000, v. 36, N 6, p. 45-64.
4. C. Mader Numerical model of detonation Mir, 1985, p 62
5. The physics of explosion / Ed. LP Orlenko. M.: Nauka, 2004. V. 1.

## ДЕТОНАЦИЯ МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ СМЕСЕЙ ПЕРХЛОРАТА АММОНИЯ И АЛЮМИНИЯ

А.Ю. Долгобородов<sup>1,2</sup>, В.Г. Кириленко<sup>1</sup>, А.А. Шевченко<sup>3</sup>,  
М.А. Бражников<sup>1</sup>, А.Н. Стрелецкий<sup>1</sup>, В.А. Теселкин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ИХФ РАН, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>ОИВТ РАН, г. Москва, Россия

<sup>3</sup>НИЯУ МИФИ, г. Москва, Россия

В работе приведены результаты по механоактивации смесей перхлората аммония (ПХА) и алюминия, определены оптимальные условия, при которых происходит максимальная гомогенизация смеси при отсутствии реакции между реагентами. В качестве исходных веществ для смесей использовались химически чистые порошки ПХА со средним размером частиц  $20 \div 50$  мкм и порошки Al пиротехническая пудра ПП-2 с размерами частиц  $50 \div 200$  мкм  $\times$   $2 \div 5$  мкм и субмикронный порошок Al(8) (0,28 мкм). Содержание Al в смеси изменялось от 20% до 40% при стехиометрическом соотношении 27.7/72.3 для смеси Al/ПХА. Активация компонентов проводилась в планетарной мельнице «Активатор-2SL» (ЗАО "Активатор", Новосибирск) со стальными барабанами и шарами. Масса смеси составляла 10 г, масса шаров – 300 г. Для снижения фрикционного разогрева в смесь вводился гексан (80 мл), а обработка проводилась при водяном охлаждении барабанов циклами по 60 с при полном времени обработки от 2 до 60 минут. После активации продукт высушивался в условиях технического вакуума. Рентгенофазовый анализ и электронная микроскопия показали отсутствие химической реакции между компонентами, активированными в течение времени до 30 мин.

Для активированных смесей получены результаты исследования перехода горения в детонацию (ПГД) для низкоплотных зарядов, измерений скорости детонации в зависимости от плотности и диаметра прессованных зарядов и механической чувствительности. Исследования ПГД проведены в металлических трубках внутренним диаметром 10 мм при пористости образцов около 80%. Скорость детонации измерялась на расстоянии 70 мм от точки поджига. С увеличением времени активации от 2 до 10 мин скорость процесса резко увеличивалась от 100 до 2700 м/с. Дальнейшее увеличение времени активации (до 60 мин) приводило к некоторому снижению скорости ( $D = 2350 \div 2400$  м/с). Максимальное значение скорости детонации для низкоплотных зарядов получено при весовом соотношении компонентов Al/ПХА 20/80. Зависимость скорости детонации от плотности исследовалась для прессованных зарядов с диаметрами (d) от 15 до 50 мм. Заряды инициировались детонатором через тонкую (0,5 d) таблетку гексогена. Время распространения детонации на базах измерения измерялось с помощью

электроконтактных датчиков детонации определялась как показали, что для активированного 0,75 стационарный режим достигается с уменьшением диаметра заряда на больших расстояниях. Для активированных составов и Behavior of Aluminized Ammonium что за счет повышения реакционной существенно повысить скорость м/с при относительной площади детонации для Al/ПХА в сторо

## ДЕТОНАЦИЯ OF AMMONIUM

A.Yu. Dolgoborodov  
M.A. Brazhnikov

The optimum conditions perchlorate (AP) and aluminum mixture was provided in the absence of mixtures, regular powders of AP PP-2 (flake particles) and Al(8) 20% to 40% nearby stoichiometry of the components accompanied planetary ball mill "Activator 2SL" of the mixture to the stainless steel possibility of an explosion to be necessary to provide thin liquid hexane was added into the mixture cooling of the drums. The time of activation considered as the time of activation of activated mixtures was studied microscopy. Analysis showed that mixing occurs without the chemical

The results of research of loose-packed charges, dependence of pressed charges) have been received diameter of 10 mm at a porosity of 80% situated in 70 mm from the base up to 60 min the process speed increase charges the maximum of detonation dependence of detonation velocity diameters varied from 15 to 50 mm