



РФЯЦ-ВНИИТФ
РОСАТОМ

СДВИГОВАЯ ПРОЧНОСТЬ ОКСИДА БЕРИЛЛИЯ ПРИ УДАРНО-ВОЛНОВОМ НАГРУЖЕНИИ

Николаев Алексей Юрьевич,

А.А. Дегтярев, Д.Ю. Кадочников, В.А. Карионов, А.К. Музыря, Ф.И. Тарасов, Д.Т. Юсупов

ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина», г. Снежинск

XVII международная конференция «Забабахинские Научные Чтения»,
19-23 мая 2025 года, г. Снежинск, Челябинская область, Россия.

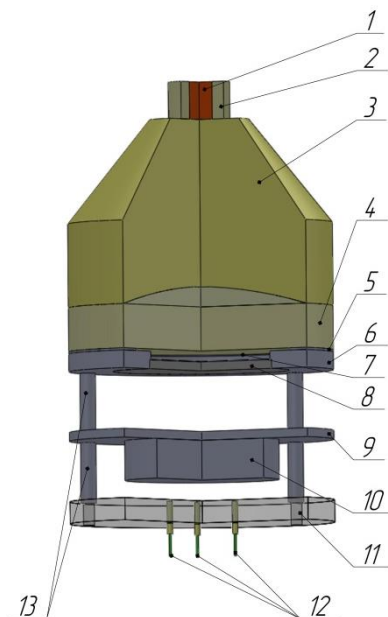
Цель работы:

Определение сдвиговой прочности оксида бериллия при ударно-волновом нагружении в области ниже 100 ГПа для толщин образцов от 6 до 18 мм.

Постановка эксперимента



РФЯЦ-ВНИИТФ
РОСАТОМ

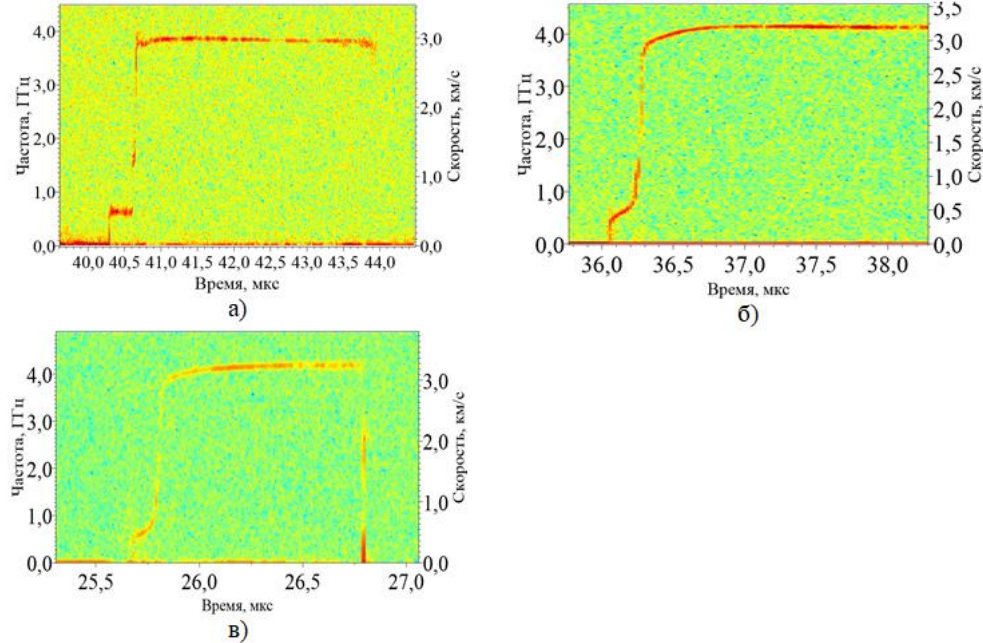


- 1 – ЭД;
- 2 – розетка;
- 3 – плосковолновая линза;
- 4 – заряд из ВВ на основе октогена $\varnothing 120 \times 20$ мм;
- 5 – кольцо из оргстекла $\varnothing 120 \times 1,00$ мм;
- 6 – обойма из стали 3;
- 7 – воздушный зазор 4,7 мм;
- 8 – ударник из стали 12Х18Н10Т $\varnothing 80 \times 3,99$ мм с фольгой из алюминия, $\varnothing 78 \times 0,30$ мм;
- 9 – экран из стали 12Х18Н10Т $\varnothing 120 \times 4,00$ мм;
- 10 – образец из оксида бериллия;
- 11 – панель из оргстекла $\varnothing 120 \times 10$ мм;
- 12 – коллиматоры (4-6 шт.);
- 13 – втулки (6 шт.).

Спектрограммы экспериментов



РФЯЦ-ВНИИТФ
РОСАТОМ



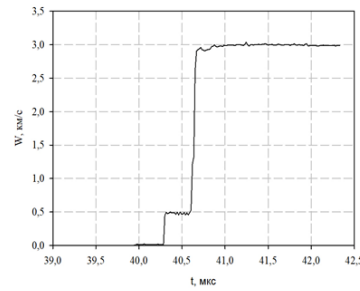
Характерные спектрограммы, полученные в опытах:

- а) опыт № 1 (толщина образца 18 мм)
- б) опыт № 2 (толщина образца 10 мм)
- в) опыт № 3 (толщина образца 6 мм)

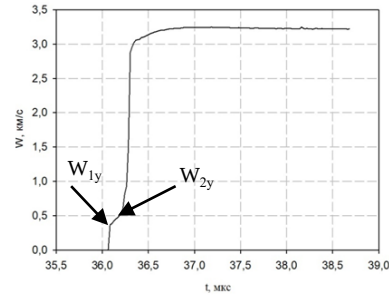
Экспериментальные профили



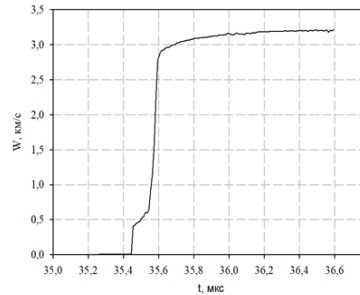
РФЯЦ-ВНИИТФ
РОСАТОМ



а)



б)



в)

- Профили $W(t)$, полученные в опытах:
- а) опыт № 1 (толщина образца 18 мм)
 - б) опыт № 2 (толщина образца 10 мм)
 - в) опыт № 3 (толщина образца 6 мм)

Расчетные формулы



$$\sigma_{HEL} = \frac{1}{2} \rho_0 W_{ynp} C_{Lo}$$

$$Y = \sigma_{HEL} \frac{1-2\nu}{1-\nu}$$

$$\nu = 0,18$$

$$C_{Lo} = 11,89 \pm 0,09 \text{ км/с (толщины образцов 10 и 18 мм)}$$

$$C_{Lo} = 11,84 \pm 0,67 \text{ км/с (толщина образца 6 мм)},$$

Расчет погрешности

$$\Delta \sigma_{HEL} = \sqrt{\left[\left(\frac{\partial \sigma}{\partial W} \right) \cdot \Delta W_{ynp} \right]^2 + \left[\left(\frac{\partial \sigma}{\partial C_{Lo}} \right) \cdot \Delta C_{Lo} \right]^2 + \left[\left(\frac{\partial \sigma}{\partial \rho_0} \right) \cdot \Delta \rho_0 \right]^2}$$

$$\Delta Y = \sqrt{\left[\left(\frac{\partial Y}{\partial \sigma_{HEL}} \right) \cdot \Delta \sigma_{HEL} \right]^2} = \frac{1-2\nu}{1-\nu} \Delta \sigma_{HEL}$$

Результаты экспериментов



РФЯЦ-ВНИИФ
РОСАТОМ

№ опыта	$h_{обр}$, мм	$W_{1усп}$, кМ/с	$W_{2усп}$, кМ/с	σ_{1HEL} , ГПа	Y_1 , ГПа	σ_{2HEL} , ГПа	Y_2 , ГПа
1	18	$0,452 \pm 0,026$ $\epsilon=5,7\%$	$0,485 \pm 0,050$ $\epsilon=10,4\%$	$7,87 \pm 0,46$ $\epsilon=5,8\%$	$6,15 \pm 0,36$ $\epsilon=5,8\%$	$8,44 \pm 0,88$ $\epsilon=10,4\%$	$6,59 \pm 0,69$ $\epsilon=10,7\%$
2	10	$0,403 \pm 0,021$ $\epsilon=5,2\%$	$0,628 \pm 0,028$ $\epsilon=4,5\%$	$7,03 \pm 0,37$ $\epsilon=5,3\%$	$5,48 \pm 0,29$ $\epsilon=5,3\%$	$10,95 \pm 0,49$ $\epsilon=4,5\%$	$8,54 \pm 0,38$ $\epsilon=4,5\%$
3	6	$0,435 \pm 0,022$ $\epsilon=5,1\%$	$0,690 \pm 0,035$ $\epsilon=5,1\%$	$7,55 \pm 0,57$ $\epsilon=7,6\%$	$5,88 \pm 0,45$ $\epsilon=7,6\%$	$11,97 \pm 0,91$ $\epsilon=7,6\%$	$9,34 \pm 0,71$ $\epsilon=7,6\%$

Из Таблицы экспериментальных результатов видно, что амплитуда упругого предвестника и сдвиговая прочность имеют тенденцию к снижению с увеличением толщины образцов. Полученные экспериментальные данные коррелируют с результатами зарубежных исследователей [1], которые были получены по методу наклонного зеркала. В этой работе также прослеживается релаксация упругого предвестника и, как следствие, снижение сдвиговой прочности с увеличением толщины образцов [1].

Заключение

Проведена серия взрывных экспериментов по определению сдвиговой прочности оксида бериллия в области ниже 100 ГПа для разных толщин образцов: (6, 10 и 18 мм) с использованием лазерно-гетеродинной методики.

В диапазоне толщин $h = 6 \dots 18$ мм определена сдвиговая прочность:

$Y_1 = 5,5 \div 6,2$ ГПа (на фронте упругого предвестника);

$Y_2 = 6,6 \div 9,3$ ГПа (у основания пластической волны).

Полученные экспериментальные данные не противоречат данным зарубежных исследователей в пределах экспериментальной погрешности.

Спасибо за внимание

Николаев Алексей Юрьевич

ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина», г. Снежинск

19.05.2025-23.05.2025