



РОСАТОМ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»



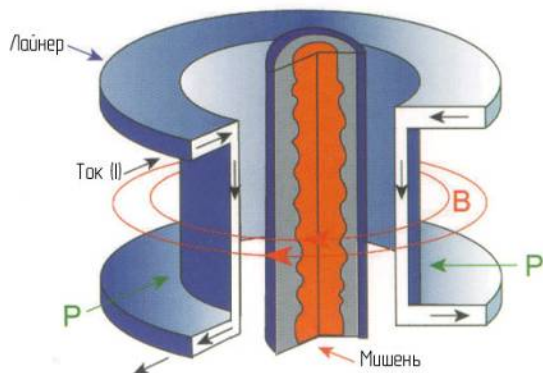
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЗРЫВОМАГНИТНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

*Баранов В.К., Глыбин А.М., Дудай П.В., Дудин В.И., Ивановский А.В.,
Зименков А.А., Краев А.И., Надеждин С.С., Тагиров Р.М., Тюпанова О.А.*

РФЯЦ-ВНИИЭФ, г. Саров
e-mail: duday@elph.vniief.ru

Институт лазерно-физических
исследований

Электрофизическое отделение



Взрывомагнитные генераторы



Реологические свойства:

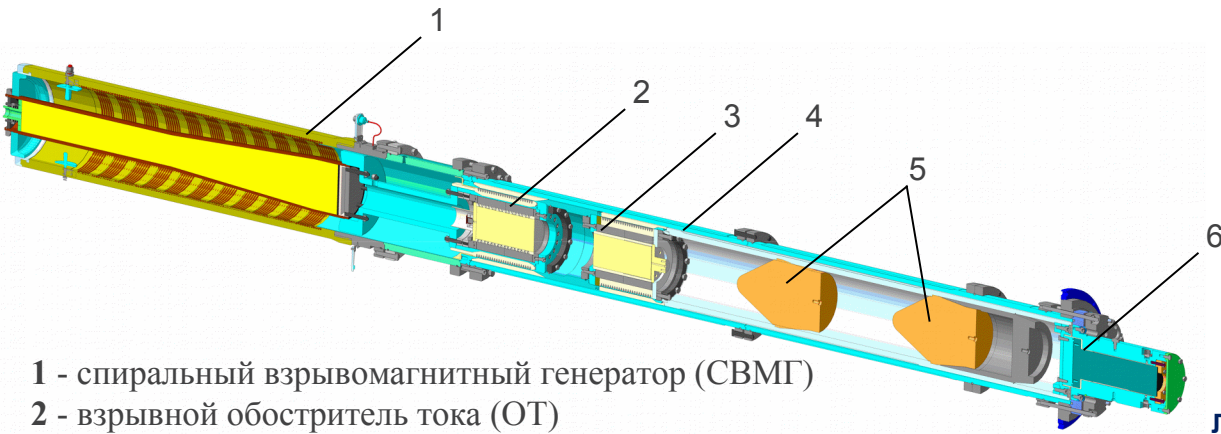
- Динамическая (сдвиговая) прочность
- Откольная прочность
- Компактирование
- Пыление

Преимущества метода нагружения в схеме Z-пинча

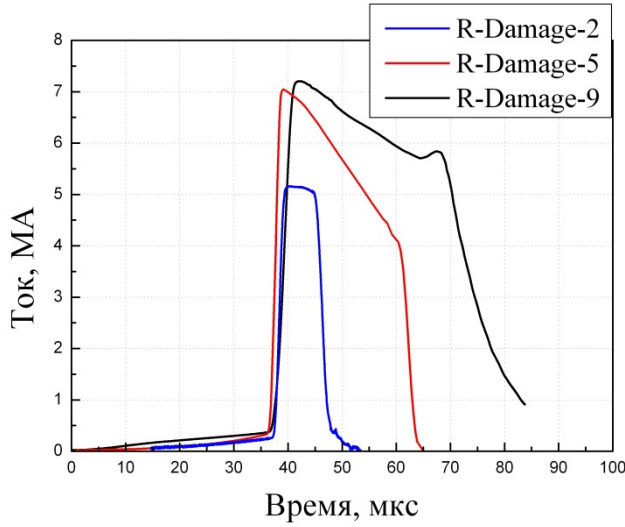
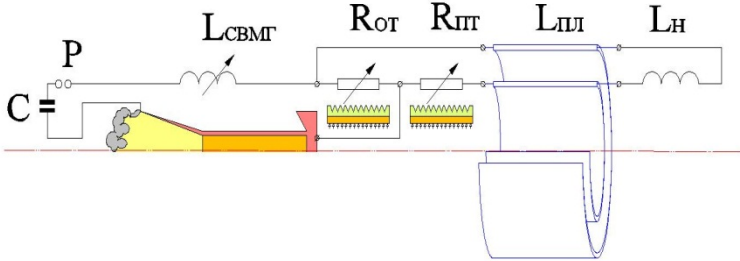
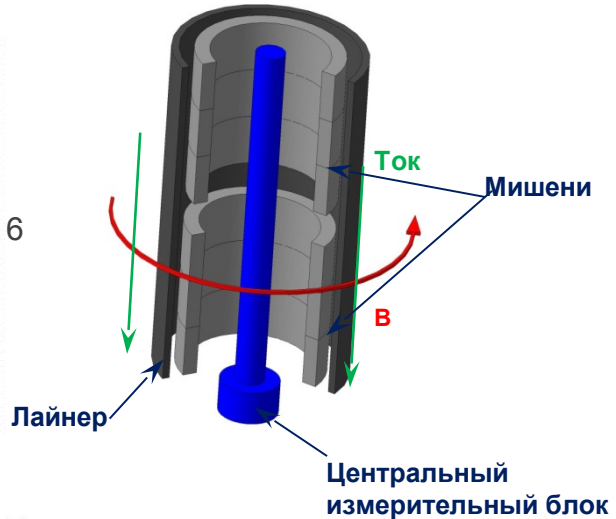
- Отсутствие подпора лайнера-ударника продуктами взрыва означает возможность его инерционного схождения и исключает дополнительное, слабоконтролируемое воздействие на образцы;
- Возможность задания импульса тока требуемой формы - реализация различных режимов нагружения исследуемых образцов;
- Высокая симметрия нагружения, обусловленная методом создания магнитного поля и отсутствием дополнительных факторов;
- «Прозрачность» магнитного поля позволяет регистрировать скорость не только внутренней, но и внешней поверхности ударника;
- Сохранение исследуемых мишеней для проведения металлографического анализа их постопытного состояния.

Исследование процессов откола и компактирования алюминия

Серия совместных ВНИИЭФ/ЛАНЛ экспериментов «R-Damage» 2006-2011гг.



- 1 - спиральный взрывомагнитный генератор (СВМГ)
- 2 - взрывной обстрелитель тока (ОТ)
- 3 - взрывной прерыватель тока (ПТ)
- 4 - коаксиальная передающая линия (ПЛ)
- 5 - элементы системы защиты
- 6 - лайнерная нагрузка



до эксперимента

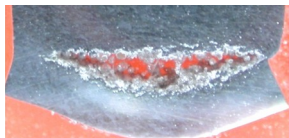


после эксперимента

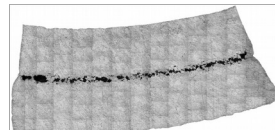
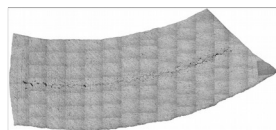
Исследование процессов откола и компактирования Al Серия экспериментов «R-Damage» 2006-2011гг.



Зарождение откола

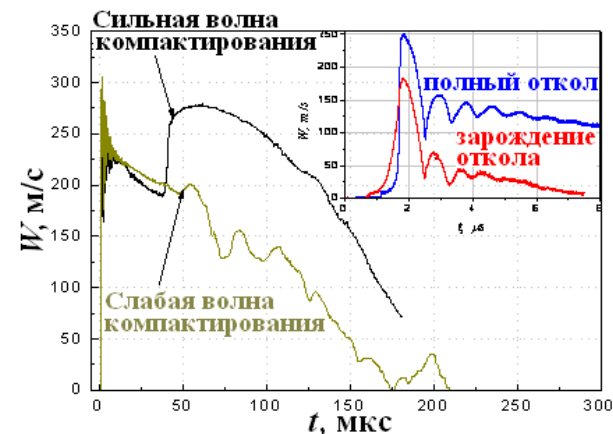
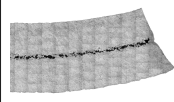
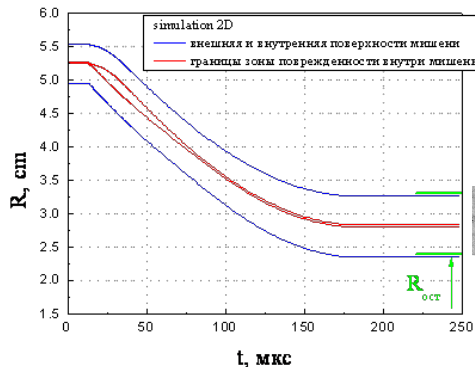
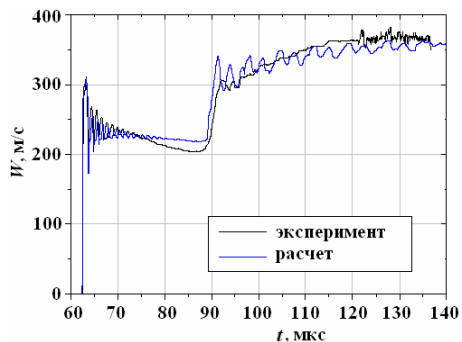


Полный



Впервые получен представительный объем экспериментальной информации о процессах зарождения, развития, полного и частичного компактирования магистрального откола исследуемого материала.

Экспериментальные данные предоставили возможность верифицировать численные модели откольного разрушения и предложить модель компактирования поврежденной среды.



ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК, 2013, том 448, № 3, с. 285–288

ФИЗИКА

УДК 539.4

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АЛЮМИНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЗРЫВОМАГНИТНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

© 2013 г. В. А. Васюков, А. М. Глыбин, П. В. Дулай, В. И. Дулин, А. А. Зименков, В. А. Иванов, А. В. Ивановский, А. И. Краев, А. И. Кузьев, С. С. Надежин, А. А. Петрухин, А. Н. Скобелев, О. А. Топопова, W. L. Atchison, D. B. Holtkamp, A. M. Kaul, R. E. Reinovsky, G. Rodrigues, L. J. Tabaka, C. L. Rousculp, J. B. Stone, D. M. Oro, M. Salazar, J. R. Griego, J. R. Payton, D. T. Westley

Представлено академиком РИ. Ильяевым 30.03.2012 г.

Поступило 18.07.2012 г.

JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 115, 023516 (2014)

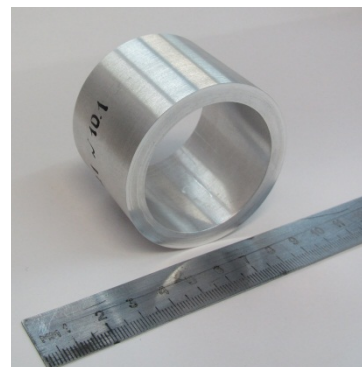
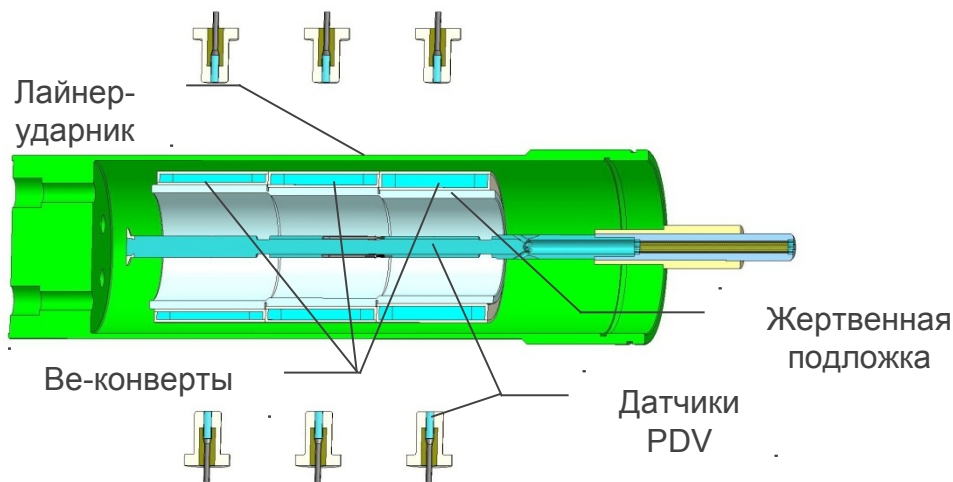
Damage growth and recollection in aluminum under axisymmetric convergence using a helical flux compression generator

A. M. Kaul,^{1,a)} A. V. Ivanovsky,² W. L. Atchison,¹ A. A. Petrukhin,² P. V. Duday,² J. R. Griego,¹ M. Salazar,¹ S. S. Nadezhin,² O. A. Tyupanova,² D. M. Oro,¹ D. B. Holtkamp,¹ G. Rodriguez,¹ L. J. Tabaka,¹ A. I. Kraev,² A. N. Skobelev,² D. T. Westley,¹ B. G. Anderson,¹ V. A. Ivanov,² A. M. Glybin,² A. I. Kuzyaev,² J. B. Stone,¹ J. R. Payton,¹ P. M. Goodwin,¹ Q. McCulloch,¹ R. R. Montoya,¹ V. I. Dudin,² A. A. Zimenkov,² R. B. Randolph,¹ F. Fierro,¹ R. E. Reinovsky,¹ C. L. Rousculp,¹ A. N. Balandina,² and A. M. Podurets²

¹Los Alamos National Laboratory, P. O. Box 1663, Los Alamos, New Mexico 87545, USA
²Russian Federal Nuclear Center, 607190, Sarov, Nizhny Novgorod region, Russia

(Received 23 October 2013; accepted 20 December 2013; published online 13 January 2014)

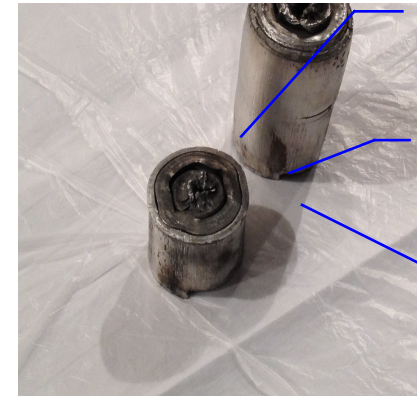
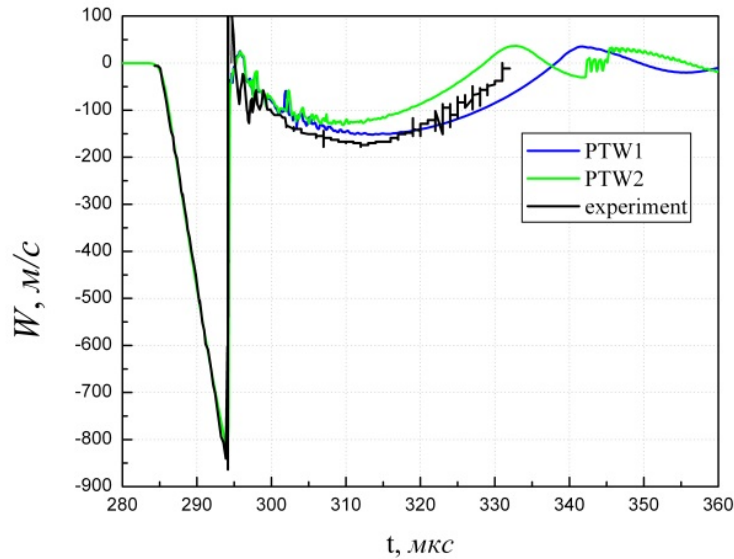
Исследование сдвиговой прочности бериллия



Ве образцы толщиной 3,4,5 мм помещены в оболочку из *Al* толщиной 1мм для сохранения осколков в случае фрагментации. Ток пропускается по *Al* лайнеру. Скорость лайнера ~1 км/с. Давление ~10 ГПа

Скорость движения и радиус остановки лайнера в данной постановке однозначным образом определяются сдвиговой прочностью бериллия при фиксированной скорости соударения и известных свойствах материала лайнера и оболочки.

Исследование сдвиговой прочности бериллия



Жертвенная подложка

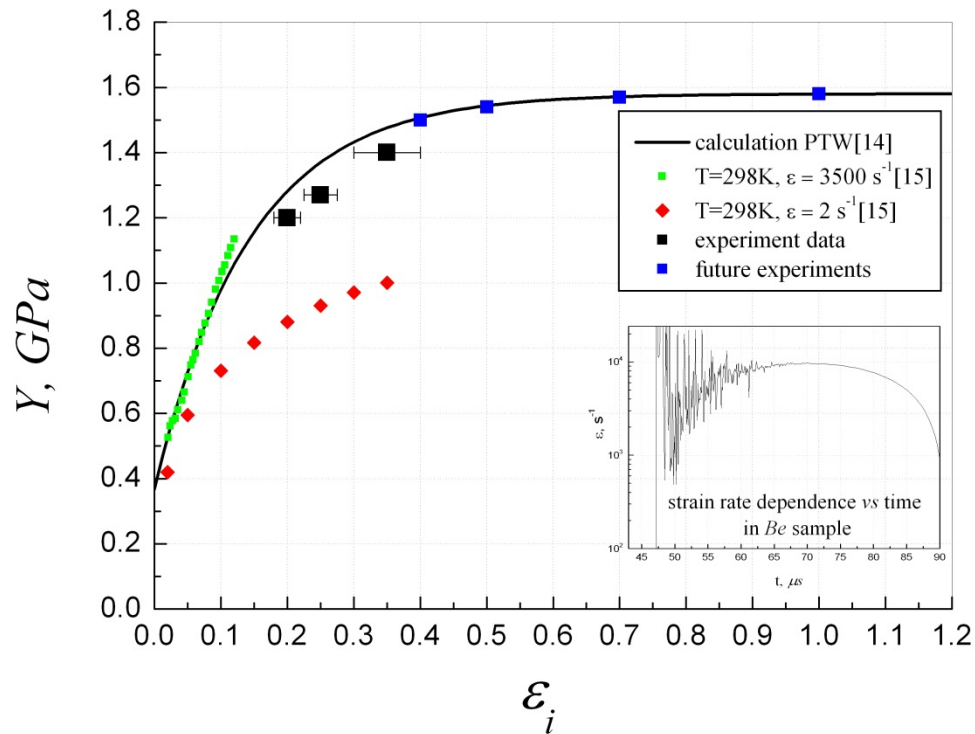
Be-образец

Лайнер

Толщина образца, мм	Радиус внешней поверхности лайнера, мм		
	Расчет		Эксперимент
	Набор параметров PTW 1	Набор параметров PTW 2	
3	25.6	27.3	25
4	28.6	29.2	26.3
5	28.8	29.4	27.7

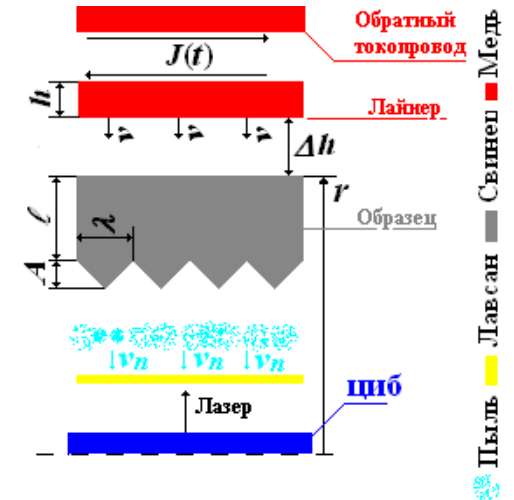
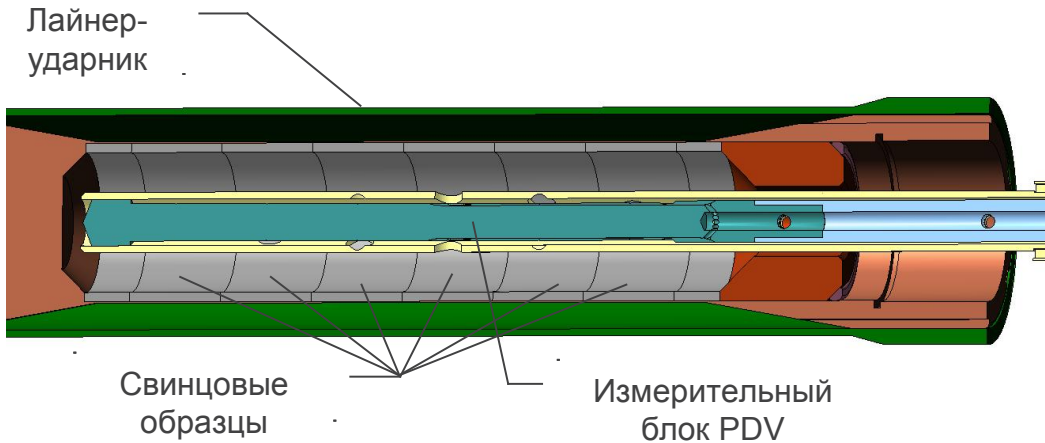
Сравнение расчетных данных и результатов экспериментов свидетельствует о предпочтении набора параметров PTW1 в области скоростей деформаций $10^3 \div 10^4 \text{c}^{-1}$ и интенсивности пластических деформаций $\varepsilon \sim 0.2 \div 0.4$.

Исследование сдвиговой прочности бериллия

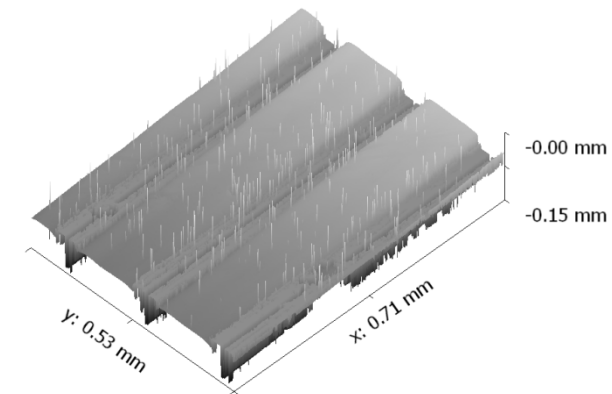


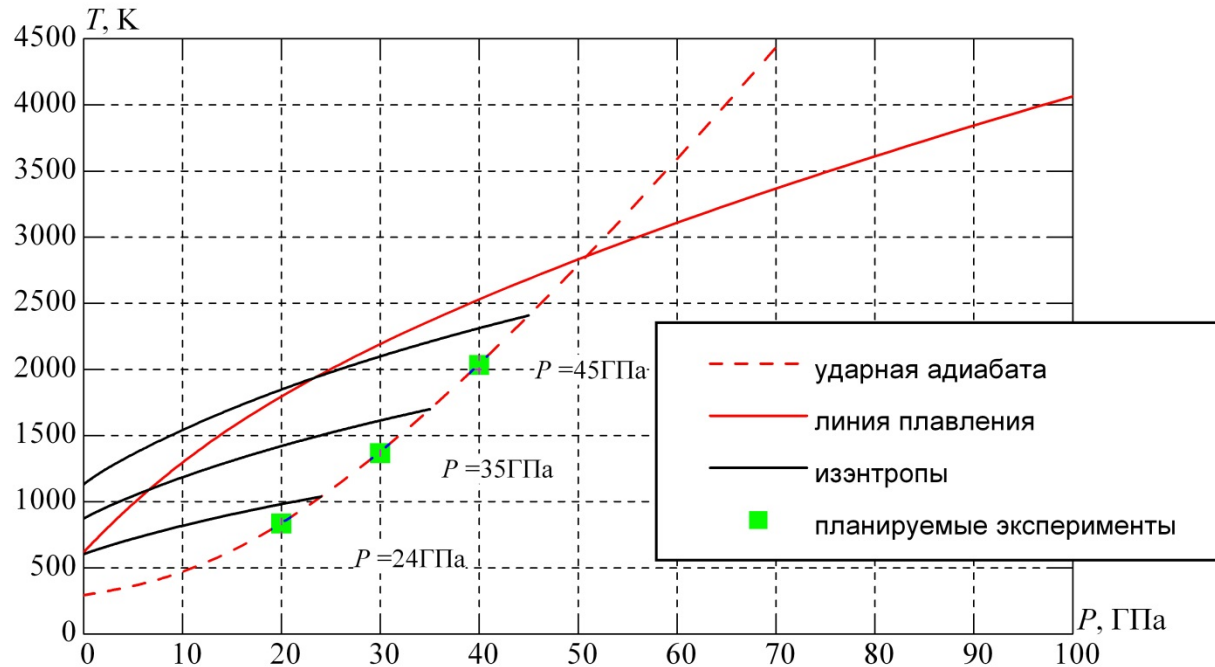
Метод исследования реологических свойств конструкционных металлов с использованием ВМГ позволяет получать данные о прочности в области высоких пластических деформаций ($0,5 \div 1 \cdot 10^4 \text{ c}^{-1}$).

В следующем эксперименте мы планируем получить более высокие уровни пластического деформирования $\epsilon \sim 0.4 \div 1.0$ при сохранении скорости деформаций в том же диапазоне.

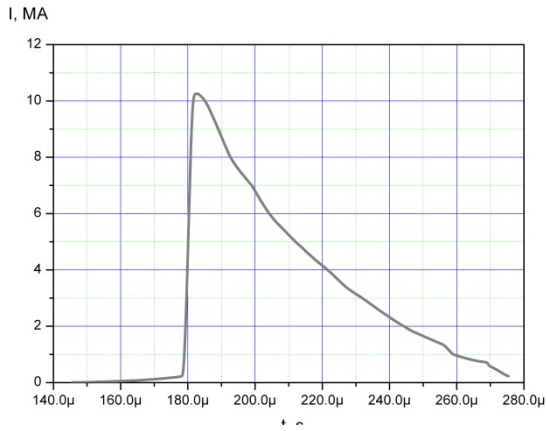


В опытах регистрируются ток, скорости лайнера и пыли (PDV).
 В каждом опыте 6 образцов, отличающихся шероховатостью поверхности ($0 \leq A \leq 80$ мкм, $0 \leq \lambda \leq 400$ мкм).
 Толщина *Си*-лайнера-ударника - 1 мм.
 От опыта к опыту меняется радиус наружной поверхности образцов, что позволяет варьировать давление от 20 до 40 ГПа.
 Перед каждым опытом измеряется шероховатость внутренней поверхности образцов с помощью лазерного профилометра.

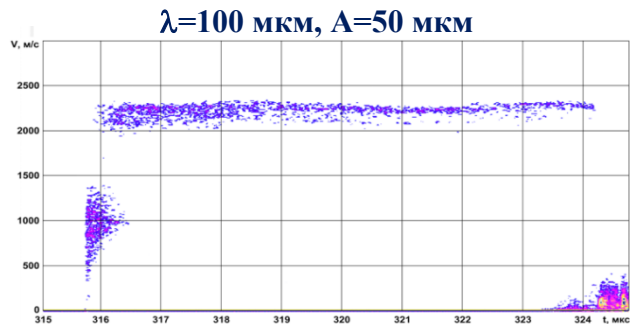
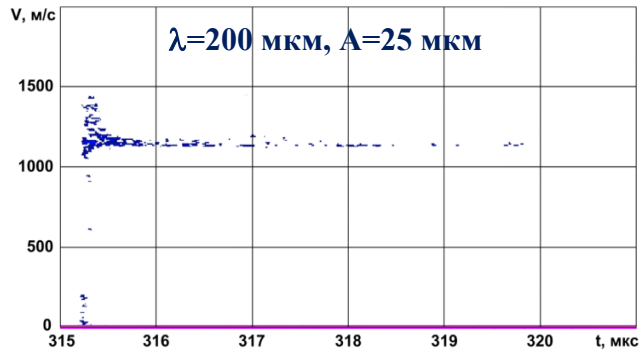
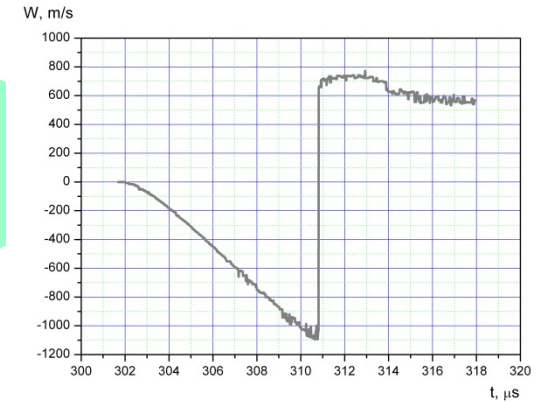




В диапазоне давления ударной волны 20 - 40 ГПа свинец способен, как оставаться в твердой фазе, так и переходить в жидкую фазу на волне разгрузки. Результаты экспериментов (зеленые точки) позволят оценить влияние фазового состояния свинца на характеристики процесса пыления.



Ток в лайнерной нагрузке ~ 10 МА.
Скорость лайнера ~ 1000 м/с.
Давление ударной волны ~20 ГПа.



Экспериментальные зависимости скорости внутренней поверхности и образующегося облака пыли демонстрируют значительное влияние профиля внутренней поверхности материала на процесс пыления.

Процесс пылеобразования подавлен, т.к при давлении УВ ~20ГПа свинец остается в твердой фазе.

Расчетно-теоретический анализ полученных результатов планируется провести после проведения серии экспериментов при более высоких значениях давления УВ в образцах.

Совместная ВНИИЭФ/ЛАНЛ серия экспериментов «R-Damage» продемонстрирована перспективность применения источников импульсной мощности на основе спиральных ВМГ для исследования динамических свойств материалов. Получен представительный объем экспериментальных данных о процессах зарождения, развития, полного и частичного компактирования магистрального откола в алюминии.

Успешно начались исследования сдвиговой прочности бериллия в условиях ударно-волнового нагружения с применением ВМГ. В первом эксперименте получены данные, позволившие верифицировать модель высокоскоростного деформирования бериллия в области скоростей деформаций $10^3 \div 10^4 \text{с}^{-1}$ и интенсивности пластических деформаций $\varepsilon \sim 0.2 \div 0.4$.

Представлена редакция и результаты первого эксперимента по исследованию процесса «пыления» свинца в условиях осесимметричного ударного нагружения, создаваемого с помощью источника тока на основе спирального ВМГ. Экспериментальные данные, полученные при давлении УВ в образцах $\sim 20 \text{ГПа}$ демонстрируют значительное влияние профиля внутренней поверхности материала на процесс пыления.