

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

---

**VII МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«ЛАЗЕРНЫЕ, ПЛАЗМЕННЫЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ»  
ЛАПЛАЗ-2021**

**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ**

**Часть 1**

Москва

УДК:001.89[621.373.8+533.9+539.2+621.384](06)

ББК 72

М 43

VII Международная конференция «Лазерные, плазменные исследования и технологии» ЛаПлаз-2021: Сборник научных трудов. Ч.1. М.: НИЯУ МИФИ, 2021. – 460 с.

Сборник научных трудов содержит доклады, включенные в программу VII Международной конференции «Лазерные, плазменные исследования и технологии – ЛаПлаз-2021», которая пройдет с 23 по 26 марта 2021 года в дистанционном формате. Организатором конференции выступает Институт лазерных и плазменных технологий НИЯУ МИФИ. Тематика конференции охватывает широкий круг вопросов: лазерная физика и лазерные технологии; физика плазмы и плазменные технологии; сверхсильные лазерные поля; управляемый термоядерный синтез; современные проблемы теоретической физики; современные проблемы физики твердого тела, функциональных материалов и наносистем; ускорители заряженных частиц и радиационные технологии; современные проблемы квантовой метрологии, физика высокой плотности и энергии, электрофизическое и ядерное приборостроение.

Статьи получены до 10 марта 2021 года. Материалы издаются в авторской редакции.

Ответственный редактор: Крупышева П.О.

ISBN 978-5-7262-2767-2

©Национальный исследовательский  
ядерный университет «МИФИ», 2021

Подписано в печать. Формат

*Национальный исследовательский ядерный университет  
«МИФИ» Типография НИЯУ МИФИ 115409, Москва, Каширское ш.,31*

**В.А. СМЕТАНИЮК, И.А. САДЫКОВ, А.С. СИЛАНТЬЕВ, С.М. ФРОЛОВ**

*Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова  
Российской академии наук, Москва, Россия*

## **ЦИКЛИЧЕСКАЯ ГАЗОДЕТОНАЦИОННАЯ ШТАМПОВКА ПЛОСКИХ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ**

В работе исследовано циклическое воздействие импульсной газовой детонации на листовые металлические заготовки различной толщины. Проведены эксперименты с листовыми заготовками различных материалов с одновременным механическим и термическим воздействиями. В экспериментах варьировали частоту циклов, длительность и интенсивность механического воздействия, а также температуру и скорость нагрева заготовок.

**V.A. SMETANYUK, I.A. SADYKOV, A.S. SILANTIEV,  
S.M. FROLOV**

*N. N. Semenov Federal Research Center for Chemical Physics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

## **CYCLIC GAS DETONATION SHAPING OF FLAT BODY PARTS**

The cyclic effect of pulsed gas detonation on sheet metal blanks of various thicknesses is investigated. Experiments are carried out with sheet blanks of various materials with simultaneous mechanical and thermal effects. In the experiments, the frequency of cycles, the duration and intensity of mechanical action, as well as the temperature and rate of heating of the workpieces is varied.

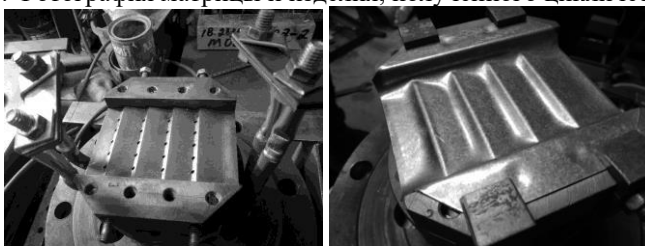
В промышленности для мелкосерийного производства штампованных деталей наибольшее распространение получили методы импульсной штамповки ударной волной (УВ) с использованием конденсированных взрывчатых веществ (ВВ). Способ штамповки взрывом конденсированных ВВ обладает рядом недостатков: (1) высокие требования к обеспечению безопасности персонала, технологическим процедурам и помещениям; (2) одиночное воздействие УВ на обрабатываемую заготовку (для повторного воздействия необходимо повторение сложной технологической операции); (3) не-

возможность одновременной термической и механической обработки детали.

Использование в качестве взрывного источника газовых горючих смесей исключает описанные недостатки. Нагрев заготовки горячими продуктами горения/детонации газовой смеси и периодическое ударно-волновое воздействие позволяет штамповать заготовки из низкопластичных жаропрочных сплавов.

В данной работе создана лабораторная установка для циклического воздействия газовой детонацией на листовую заготовку, установленную в профилированную матрицу. Установка состоит из двух функциональных секций: секции №1 для генерации детонационных волн в газовой смеси и штамп-секции №2 с установленной матрицей и заготовкой. Секция №1 заполняется стехиометрической метано-кислородной смесью. После поджига смеси слабым электрическим разрядом в ней формируется детонационная волна (ДВ), которая перепускается в штамп-секцию №2, где ДВ оказывает одновременное термическое и механическое воздействие на заготовку из листового металла. Частота циклической работы не превышает 3 Гц. В процессе циклической работы установки контролируется средняя температура матрицы. Эксперименты проводятся в двух режимах: 1 – циклическое ударно-волновое воздействие и нагрев заготовки продуктами детонации, 2 – предварительный нагрев заготовки в дефлаграционном режиме и последующее циклическое ударно-волновое воздействие с поддержанием стационарной температуры заготовки. На рисунке 1 (а) и (б) представлены фотографии матрицы и отштампованной детали.

Рисунок 1: Фотография матрицы и изделия, полученного циклическим



воздействием газовыми детонационными волнами.

#### *Список литературы*

1. Фролов С.М., Сметанюк В.А., Фролов Ф.С. Способ детонационной штамповки и устройство для его реализации. Заявка РСТ от 2014 г.; Methods of detonation stamping and device for its realization. Frolov S.M., Frolov F.S., Smetanyuk V.A. PCT patent application PCT/RU2014/000780 of 16.10.2014, priority date 16.10.2014