

## ОТЗЫВ

На автореферат диссертации Серопяна Степана Арутюновича

«Исследование реакционных материалов систем  $(\text{Ni-Al})-(\text{C}_2\text{F}_4)_n$  и  $(\text{W}-(\text{C}_2\text{F}_4)_n)-\text{Al}$ : особенности упрочнения, воспламенения, горения и ударно-волнового инициирования» по специальности 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества на соискание ученой степени кандидата технических наук

Разработка реакционных материалов, способных сочетать конструкционную прочность с экзотермическим превращением при высокоскоростном и тепловом воздействии, является одним из приоритетных направлений современного материаловедения. Замена традиционных инертных материалов (сталь, алюминий) на реакционные композиты в элементах специальных устройств позволяет существенно повысить их эффективность за счёт дополнительного энерговыделения. Однако ключевой проблемой остаётся низкая механическая прочность существующих реакционных составов, что ограничивает их применение в конструкциях, испытывающих значительные нагрузки. Диссертант выполнил систематическое исследование влияния различных способов упрочнения (армирование непрерывными волокнами, термическая обработка, повышение плотности) на параметры горения и реакционную способность систем  $(\text{Ni-Al})-(\text{C}_2\text{F}_4)_n$  и  $(\text{W}-(\text{C}_2\text{F}_4)_n)-\text{Al}$ . Изучены механизмы теплового и ударно-волнового инициирования, разработаны технологические схемы получения слоистых металло-интерметаллидных композитов сталь/NiAl/сталь.

Автором установлено, что максимальная скорость горения (100 мм/с) в системе Ni-Al достигается при добавлении 1 мас.%  $(\text{C}_2\text{F}_4)_n$ , а дальнейшее увеличение содержания полимера до 25 мас.% приводит к снижению скорости до 1,5 мм/с из-за газовыделения, нарушающего теплоперенос. Показано, что послойное армирование непрерывными вольфрамовыми волокнами позволяет повысить прочность на изгиб образцов системы Ni-Al с добавлением 1 мас.%  $(\text{C}_2\text{F}_4)_n$  до 125 МПа.

Для высокоплотной системы  $(\text{W}-(\text{C}_2\text{F}_4)_n)-\text{Al}$  впервые показано, что механическая активация позволяет снизить температуру воспламенения с 1000 до 660 °С и реализовать самоподдерживающийся режим горения в составе с 5 мас.% Al. Установлен различный механизм инициирования реакции: в механоактивированных смесях – прямое твердофазное взаимодействие Al с W (образование  $\text{Al}_4\text{W}$ ), в смесях полученных сухим

смешиванием – взаимодействие продуктов разложения  $(C_2F_4)_n$  с Al и W (образование  $AlF_3$  и карбидов вольфрама). Применение наноразмерного вольфрама и механической активации расширяет концентрационные пределы ударно-волнового инициирования, обеспечивая протекание реакции в составах с 5 и 30 мас.% Al.

Особый интерес представляет разработка слоистых металло-интерметаллидных композитов сталь/NiAl/сталь. Автором предложены две технологические схемы: одностадийная (ударно-волновое нагружение при 1,5 км/с), позволяющая синтезировать слой NiAl и сформировать соединение со стальной матрицей, и двухстадийная (ударно-волновое нагружение при 0,5 км/с с последующей термической обработкой), также обеспечивающая синтез интерметаллидного слоя ( $NiAl$ ,  $Ni_2Al_3$ ,  $NiAl_3$ ) и его соединение со стальной матрицей.

По автореферату имеется следующее замечание:

При разработке слоистых металло-интерметаллидных композитов автор исследовал две технологические схемы. Однако из текста неясно, каковы критерии выбора скорости метания пластины для каждой из схем (1,5 км/с для одностадийной и 0,5 км/с для двухстадийной). Возникает вопрос: проводились ли эксперименты с варьированием скорости нагружения для оптимизации структуры и свойств интерметаллидного слоя, и если да, то какая скорость обеспечивает наилучшее сочетание плотности, фазового состава и микротвёрдости?

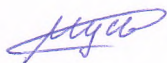
Приведённое замечание не снижает значимости научных и практических результатов и общей положительной оценки работы. Представленное исследование содержит важные результаты, вносящие существенный вклад в решение проблемы создания реакционных материалов с высокими конструкционными свойствами и разработки технологий получения слоистых композитов на их основе.

По автореферату Серопяна С.А. можно заключить, что диссертационная работа выполнена на достаточно высоком уровне и является завершённым научным исследованием. По актуальности, объёму полученных данных, уровню научных публикаций, научной новизне и практической значимости результатов диссертационная работа удовлетворяет требованиям пунктов 9–14 «Положения о присуждении учёных степеней» утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842. Автор диссертационной

работы, Серопян Степан Арутюнович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.3.17 – «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества».

Даю согласие на использование моих персональных данных, связанные с защитой диссертационной работы Серопяна Степана Арутюновича, и их дальнейшую обработку.

Доцент кафедры «Контроль и  
испытания материалов»  
ФГБОУ ВО «Пензенский  
государственный университет»,  
кандидат технических наук  
(специальность 05.16.09 -  
Материаловедение), доцент



Гуськов Максим Сергеевич

440026, г.Пенза, ул.Красная,40,  
«Пензенский государственный  
университет»  
E-mail: aspirantslpim@yandex.ru  
Моб. Тел.: +7(960)3294929

Подпись доцента Гуськова Максима Сергеевича заверяю:

Ученый секретарь  
Ученого совета ФГБОУ ВО  
«Пензенский Государственный  
Университет» к.т.н., доцент

« 21 »

сентября

2026 г.



Дорофеева О.С.