

ОТЗЫВ
на автореферат кандидатской диссертации Ю.С. Вергуновой
«МЕХАНОСИНТЕЗ И САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩИЙСЯ
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ
ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ, КАРБИДОВ И КЕРАМИКО-МЕТАЛЛИЧЕСКИХ
МАТЕРИАЛОВ НА ИХ ОСНОВЕ»

Высокоэнтروпийные сплавы (ВЭС) являются перспективными конструкционными и функциональными металлическими материалами благодаря своим уникальным свойствам: высокой механической прочности в сочетании с вязкостью при пониженных температурах, вплоть до криогенных, сравнительно высоким удельным электросопротивлением и низким термическим коэффициентом электросопротивления, своеобразными магнитными свойствами, каталитической активности, высокой коррозионной стойкости, износостойкости и другим свойствам. Все это делает их объектом интенсивных научных исследований и разработок во всем мире. В последние годы к ВЭС добавились другие перспективные высокоэнтропийные соединения – многокомпонентные керамические, кристаллические решетки которых сформированы пятью и более типами атомов металлов, а также появились композиты на основе высокоэнтропийных фаз. Наиболее актуальными задачами в области высокоэнтропийных материалов являются поиск оптимальных химических составов и эффективных методов получения этих материалов. В связи с этим не вызывает сомнения актуальность диссертации Ю.С. Вергуновой, посвященной исследованию процессов механосинтеза и самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) для получения высокоэнтропийных сплавов переходных металлов CrFeCoNiCu, TiCrFeNiCu, TiVNbTaW, TiVNbMoTa, VNbMoTaW, высокоэнтропийных карбидов (TiVNbMoTa)₅, (VNbMoTaW)₅ и керамико-металлического материала TiC – высокоэнтропийная связка CrFeCoNiCu; исследованию структуры и свойств полученных материалов.

При проведении диссертационных исследований Ю.С. Вергуновой получен ряд новых важных научных результатов. Показана возможность механического сплавления пятикомпонентных составов высокоэнтропийных сплавов: CrFeCoNiCu – за 120 минут, TiCrFeNiCu – за 30 минут, (TiVNbTaW, TiVNbMoTa, VNbMoTaW) – за 180 минут высокоэнергетической механической обработки. Методом СВС получен керамико-металлический материал TiC – CrFeCoNiCu с содержанием высокоэнтропийного связующего CrFeCoNiCu 30-70 масс. %. Установлено, что температуры воспламенения образцов из смесей на основе порошков высокоэнтропийного сплава CrFeCoNiCu при концентрации Ti+C в смеси 30–70 масс. % близки к температуре воспламенения исходной смеси Ti+C и составляют 1200 ± 30 °С, а температуры воспламенения Ti+C с исходной смесью металлов (Cr+Fe+Co+Ni+Cu) ниже на 200 °С. Определено, что скорость горения Ti+C с высокоэнтропийной связкой в 2–3 раза превышает скорость горения смесей Ti+C с исходными металлами. В керамико-металлическом материале со связкой из предварительно приготовленного сплава CrFeCoNiCu количество частиц TiC в единице объема в 1,5–3,0 раза больше, чем в сплаве со связкой из смеси металлов. Предложен новый метод синтеза высокоэнтропийных карбидов (TiVNbMoTa)₅ и (VNbMoTaW)₅, сочетающий предварительную высокоэнергетическую механическую обработку в планетарной мельнице АГО-2 в течение 20 минут при скорости вращения размольных барабанов 2200 об/мин и отношении массы смеси к массе шаров 1:40, с последующим

СВС в режиме теплового взрыва, который позволяет за короткое время получить однофазные высокоэнтропийные карбиды с структурами ГЦК.

Практическая значимость полученных результатов исследований заключается в том, что отработаны оптимальные режимы получения высокоэнтропийного сплава CrFeCoNiCu с помощью комбинированного использования методов механосинтеза в процессе высокоэнергетической механической обработки в течение 120 минут в аргоне при давлении 4 атм и скорости вращения барабанов 1388 об/мин и искрового плазменного спекания при 800 °С и давлении 50 МПа и времени выдержки 10 минут. Полученный материал обладает высокой прочностью на изгиб – 1362 МПа и твердостью 4,8 ГПа (489 HV), что позволяет использовать его в качестве конструкционного материала. Разработаны технологические режимы для получения керамико-металлического материала карбид титана – высокоэнтропийный сплав FeNiCoCrCu. Показана перспективность применения сплава CrFeCoNiCu (коэрцитивная сила 5,5 кА/м) в качестве функционального материала - ферромагнетика для изделий энергетической промышленности и электроники.

По содержанию автореферата возникли следующие замечания.

1. На стр. 18 под рисунком 18 указано ошибочно: «Как видно из рис. 19 ...», а должно быть: «Как видно из рис. 18 ...».
2. При получении методом СВС керамико-металлического материала TiC – CrFeCoNiCu не уделено внимание смачиваемости и адгезии этих фаз в композите, которые играют важную роль и во многом определяют свойства этого композиционного материала в компактном состоянии.

Однако эти недостатки не имеют существенного значения. В целом работа выполнена на высоком научном уровне и имеет большое научное и практическое значение. Диссертация удовлетворяет всем требованиям, в том числе п. 9, к кандидатским диссертациям Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842. Автор диссертации, Вергунова Юлия Сергеевна, достойна присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Автор отзыва дает согласие на обработку персональных данных.

Зав. кафедрой «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», доктор физико-математических наук (01.04.17 - Химическая физика, в том числе физика горения и взрыва), профессор

Амосов
Александр Петрович

Тел. (846) 242-28-89. E-mail: egundor@yandex.ru.
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, главный корпус.

01.06.2026

Подпись А.П. Амосова удостоверяю
Ученый секретарь ФГБОУ ВО «СамГТУ»,
доктор технических наук



Ю.А. Малиновская