

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ  
ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА НОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ШКОЛА ХИМИЧЕСКИХ И БИОМЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

---

# **ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ В XXI ВЕКЕ**

## **Том 1**

Материалы  
XXIII Международной научно-практической конференции  
студентов и молодых ученых  
имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера

**16–19 мая 2022 г.**

Томск 2022

цинка во всех исследованных формах увеличивало коэффициента хозяйственной эффективности урожая. Установлено, что применение NP(S) – удобрения, в состав которого цинк был введен в виде оксида цинка способствовало наибольшему увеличению доли зерна в общей биомассе урожая – на 12 % по сравнению с контрольным вариантом; обеспечивало наиболее высокий вынос питательных элементов растениями, а также

наиболее высокое накопление сырого протеина в урожае по сравнению с другими формами.

Применение окиси цинка в производстве цинксодержащих удобрений дает также значительный экономический эффект. Затраты при использовании окиси цинка (в пересчете на 100 % Zn) на 30 % ниже стоимости сульфата цинка и в 5 раз ниже стоимости хелата цинка.

### Список литературы

1. Виноградов В. В. Эффективность применения цинковых удобрений под озимую пшеницу на дерново-подзолистой почве северо-западного нечерноземья: диссертация канд. биол. наук: 06.01.04 / Вадим Вадимович Виноградов. – М., 2021. – 132 с.
2. Аристархов А. Н. Эколого-агрохимическое обоснование оптимизации питания растений и комплексного применения макро- и микроудобрений в агроэкосистемах: диссертация доктора биол. наук: 06.01.04 / Алексей Николаевич Аристархов. – М., 2000. – 88 с.

## ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРОШКОВ ВОЛЬФРАМОВЫХ ТЯЖЕЛЫХ СПЛАВОВ

Д. А. Ткачев, Я. Ю. Верхошанский, И. А. Жуков

Научный руководитель – д.х.н., заведующий лабораторией химических технологий В. И. Сачков

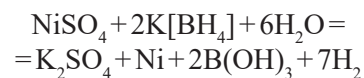
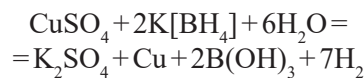
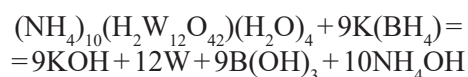
Национальный исследовательский Томский государственный университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, d.tkachev11@gmail.com

Вольфрамовые тяжелые сплавы (ВТС) представляют собой композиционный материал, состоящий из двух фаз: труднодеформируемый W (90–98 мас. %) с объемноцентрированной кубической решеткой и пластичная матрица, являющаяся твердым раствором с гранецентрированной кристаллической решеткой из Fe, Ni, Co, Cu, которые выступают в качестве связующего вещества для зёрен W, это обеспечивает увеличение пластичности, обрабатываемости и электропроводности [1]. Ключевой вклад в формирование структуры и свойств вносят свойства исходных порошков. В связи с этим актуальной задачей является разработка новых методов получения порошков ВТС с заданным составом и дисперсностью.

Целью работы является изучение порошков ВТС, полученных гидрометаллургическим методом из растворов солей сплавобразующих компонентов. В качестве исходных материалов были использованы:  $(\text{NH}_4)_{10}(\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{42})(\text{H}_2\text{O})_4$  (паравольфрамат аммония);  $\text{CuSO}_4$ ;  $\text{NiSO}_4$ ; водный раствор аммиака; борогидрид калия  $\text{K}[\text{BH}_4]$ . Компоненты были взяты в соотношении, аналогичном промышленному сплаву ВНМ 90 % – W, 7 % – Ni, 3 % – Cu.

Микроструктура полученных порошков исследовалась методом растровой электронной микроскопии, элементный и фазовый анализ исследовались методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии и рентгеноструктурного анализа, гранулометрический состав исследовался методом лазерной дифракции.

Для получения порошков ВТС исходные компоненты по отдельности растворяли в водном растворе аммиака, затем растворы смешивались, далее из раствора осуществлялось обратное восстановление порошкового сплава, реализуемое в ходе следующих химических реакций с борогидридом калия:



Средний размер частиц полученного порошка составил порядка 5 мкм, имеются частицы субмикронного размера (рис. 1). Промышленный порошок аналогичного состава имеет средний размер частиц порядка 28 мкм.

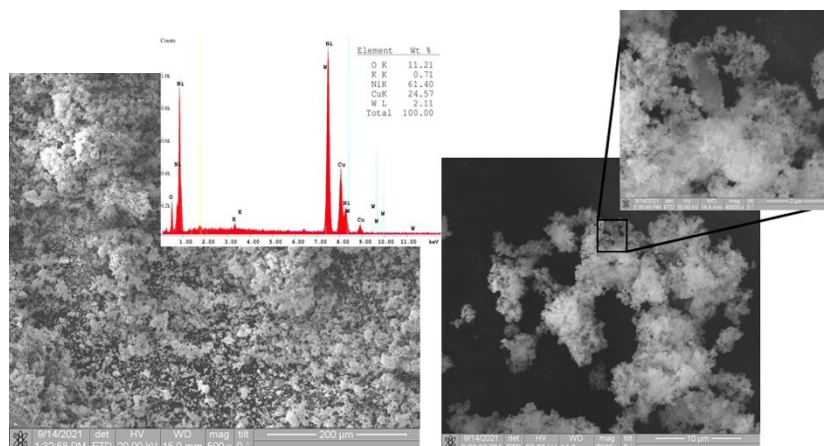


Рис. 1. Снимки поверхности металлических порошков, полученные методом растровой электронной микроскопии

Интегральный элементный анализ по всей поверхности порошка показал наличие никеля меди и вольфрама. Элементный анализ порошка в отдельных точках свидетельствует о равномерном распределении элементов по объему материала.

Таким образом, исследованный в работе метод может использоваться для получения мно-

гокомпонентных порошковых сплавов на основе вольфрама заданного химического состава и дисперсности.

Работа выполнена с использованием оборудования Томского регионального центра коллективного пользования ТГУ.

### Список литературы

1. Черняк Г. Б., Поварова К. Б. Вольфрам в боеприпасах. – Москва: ФГУП «ЦНИИХМ», 2014. (355 с.).
2. Luo R. et al. // *Materials Science and Engineering: A*, 2016. – № 675. – С. 262–270.

## САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩИЙСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ $\text{AlMgB}_{14}$

Д. А. Ткачев, И. А. Жуков, П. Ю. Никитин, А. Е. Матвеев, И. А. Бельчиков

Научный руководитель – д.х.н., заведующий лабораторией химических технологий В. И. Сачков

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, d.tkachev11@gmail.com

В работе методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) были получены керамические порошки на основе соединения  $\text{AlMgB}_{14}$ . Данный материал обладает перспективой для формирования износостойких изделий и покрытий с повышенной твердостью (до 32 ГПа), обладающих низким коэффициентом трения (до 0,01). Для синтеза использовался описанный ранее в работе [1] метод СВС. В качестве исходных компонентов были взяты порошки интерметаллида  $\text{Al}_{12}\text{Mg}_{17}$  и аморфного бора в атомном соотношении  $\text{Al}_{12}\text{Mg}_{17}:\text{B}$  равном 2:14. Так как реакция между данными компонентами

является эндотермической, для ее инициации и протекания требуется сопряжение с донорной смесью, в которой могут реализовываться высокотемпературные экзотермические реакции. В качестве такой смеси был использован состав на основе титана и кремния в массовом соотношении  $\text{Ti}:\text{Si}$  равном 74:26, что соответствует стехиометрическому соотношению компонентов для синтеза  $\text{Ti}_5\text{Si}_3$ , в ходе которого выделяется большое количество тепла. Из донорной смеси формировалась стенка толщиной 3 см вокруг спрессованной смеси порошков  $\text{Al}_{12}\text{Mg}_{17}:\text{B}$ .