

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»**

*Посвящается 100-летию
со дня рождения ректора СМИ,
доктора технических наук,
профессора Н.В.Толстогузова*

**НАУКА И МОЛОДЕЖЬ:
ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВЫПУСК 25

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
12 – 14 мая 2021 г.*

ЧАСТЬ V

Под общей редакцией профессора Н.А. Козырева

**Новокузнецк
2021**

ББК 74.48.278
Н 340

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор Козырев Н.А.,
д-р техн. наук, профессор Темлянцева М.В.,
д-р техн. наук, профессор Кулаков С.М.,
д-р техн. наук, профессор Фрянов В.Н.,
канд. техн. наук, доцент Алешина Е.А.,
канд. техн. наук, доцент Риб С.В.

Н 340 Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды
Всероссийской научной конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых / Министерство науки и выс-
шего образования РФ, Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред.
Н.А. Козырева. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ,
2021. – Вып. 25. – Ч. V. Технические науки. – 456 с., ил.

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Пятая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области новых информационных технологий и систем автоматизации управления; строительства; перспективных технологий разработки месторождений полезных ископаемых; металлургических процессов, технологии, материалов и оборудования.

Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ДЕГАЗАЦИОННЫХ СКВАЖИН НА ЭТАПАХ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ И ЗАБЛАГОВРЕМЕННОЙ ДЕГАЗАЦИИ <i>Алькова Ш.Ю.</i>	372
АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ НА ПАРАМЕТРЫ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В УСЛОВИЯХ АО «РАЗРЕЗ «СТЕПАНОВСКИЙ» <i>Климкин М.А., Агеев Дан.А., Курдюков М.О.</i>	375
РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ АО «РАЗРЕЗ «СТЕПАНОВСКИЙ» НА БЛИЖАЙШИЕ НАСЕЛЕННЫЕ ПУНКТЫ <i>Агеев Д.А.</i>	380
ПРИМЕНЕНИЕ НЕЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ИНИЦИИРОВАНИЯ ПРИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ В УСЛОВИЯХ АО «РАЗРЕЗ «СТЕПАНОВСКИЙ» <i>Апенкин В.Е.</i>	382
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПТК «BLAST MAKER» ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАСХОДА ВВ В УСЛОВИЯХ РАЗРЕЗА «БЕРЁЗОВСКИЙ» <i>Сентюрев С.А.</i>	385
IV МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ	388
ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТЕНДОВ СУШКИ И РАЗОГРЕВА СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ <i>Красильников В.В., Никитин Д.А., Запольская Е.М.</i>	388
ИССЛЕДОВАНИЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ОБЕЗУГЛЕРОЖЕННЫХ СЛОЕВ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ КОВШЕВЫХ ОГНЕУПОРОВ <i>Кувшинникова Н.И., Запольская Е.М.</i>	396
АНАЛИЗ МОДИФИКАЦИИ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ СПЛАВА Al-Mg, ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКЕ <i>Панченко И.С., Гэн Я., Розенштейн Е.О.</i>	400
ПЛАЗМОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ НАНОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ ВОЛЬФРАМА И ЕГО СОЕДИНЕНИЙ <i>Шагиев Р.Р., Шагиев Э.Р., Баротов Ф.Б.</i>	402
ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ ИЗВЕСТКОВОГО ПРОИЗВОДСТВА АО «ЕВРАЗ ЗСМК» <i>Коряковцева О.В.</i>	406
ТЕХНОЛОГИЯ ВВОДА НАНОМАТЕРИАЛОВ В РАСПЛАВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОРИСТЫХ ЛИТЫХ МАТЕРИАЛОВ <i>Чирков А.В., Скрылев М.А.</i>	411
ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ <i>Скрылев М.А., Чирков А.В.</i>	416
РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ТОРМОЗНОГО СТЕНДА ДЛЯ УЧЕБНОЙ ЛАБОРАТОРИИ «ШАССИ И ТРАНСМИССИЯ АВТОМОБИЛЕЙ» <i>Андреев К.А.</i>	421

Методом 3D технологий получена объемная заготовка Al-Mg сплава. Осуществлены механические испытания Al-Mg сплава путем одноосного растяжения плоских пропорциональных образцов, изготовленных из объемной заготовки электроискровым методом. Образцы для испытаний вырезали из объемной заготовки вдоль наплавленных слоев и разделили на две партии.

Показано, что механические свойства образцов в исходном состоянии и после облучения электронным пучком имеют близкие значения. Установлено, что образцы Al-Mg сплава, обработанные импульсным электронным пучком, при деформации растяжением демонстрируют более высокую повторяемость свойств, по сравнению с образцами исходного сплава.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (РНФ) (проект № 20-79-00194).

Библиографический список

1. Su C, Chen X, Gao C, Wang Y. Effect of heat input on microstructure and mechanical properties of Al-Mg alloys fabricated by WAAM. Appl Surf Sci 2019;486:431–40.
2. Gromov V.E., Gorbunov S.V., Ivanov Y.F., Vorobiev S.V., Konovalov S.V. Formation of surface gradient structural-phase states under electron-beam treatment of stainless steel. J Surf Investig X-Ray, Synchrotron Neutron Tech 2011;5:974–8.

УДК 669.046

ПЛАЗМОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ НАНОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ ВОЛЬФРАМА И ЕГО СОЕДИНЕНИЙ

Шагиев Р.Р., Шагиев Э.Р., Баротов Ф.Б.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Ноздрин И.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru*

Вольфрам и его карбиды широко применяются в современном материаловедении. Использование данных материалов в наносостоянии расширяет области их применения. В работе определены условия получения высокодисперсных порошков вольфрама и его карбидов в плазменном реакторе восстановлением оксидов.

Ключевые слова: вольфрам, карбид вольфрама, нанопорошки, восстановление оксидов, плазменный реактор.

Получение материалов, формируемых на основе карбидов тугоплавких металлов относят к важнейшим направлениям современного материаловедения,

которые обеспечивают стратегическую безопасность Российской Федерации.

Особое значение вольфрам и его карбиды приобрели благодаря своими уникальными физико-механическими и химическими свойствам: высокие температура плавления, твердость и теплопроводность; низкое электросопротивление; стойкость в агрессивных средах; сопротивление абразивному износу [1]. Перспективы расширения областей применения рассматриваемых материалов связаны с его получением в наносостоянии – использование в современных композиционных материалов (КЭП); получение компактных изделий методом горячего прессования и спекания; модифицирование материалов различного состава и назначения.

Анализ отечественного и мирового рынка вольфрама и его карбидов свидетельствуют о наличии двух сегментов – производителей микropорошков и нанопорошков (таблица 1).

Столь малое разнообразие на рынке нанопорошков вольфрама и его карбидов связано с высокой стоимостью производства, необходимостью применения сложного технологического оборудования, использования дорогих, чистых сырьевых материалов.

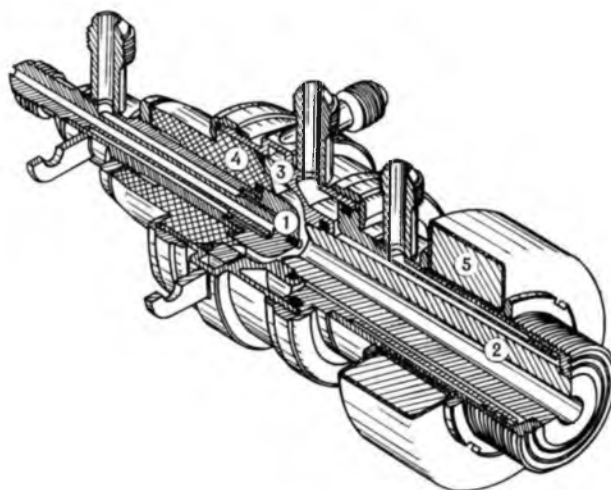
Одним из эффективных способов получения нанопорошков вольфрама и его карбидов является плазмометаллургический способ – одно из наиболее распространенных направлений получения нанопорошков. В этом способе используется низкотемпературная (4000–10000 К) плазма дугового, тлеющего, высоко- или сверхвысокочастотного разрядов. В качестве прекурсоров применяют металлы, их оксиды или другие соединения.

Таблица 1 – Отечественный и мировой рынок вольфрама и его карбидов

Страна	Микropорошки	Нанопорошки
Россия	50-100 мкм, 55-175\$/кг «Восток-2» в Приморском крае; ОАО «Приморский ГОК» в Забайкальском крае; ЗАО «Новоорловский ГОК» и ООО «Лермонтовский ГОК» в Приморском крае; ЗАО «Закаменск»	50-180 нм, 500-900 \$/кг ТОО «Плазмoтерм», Москва
США	1-10 мкм, 270-500 \$/кг «Atlantic Equipment Engineers», Нью-Джерси; «NOAH Technologies Corporation» Сан – Антонио	50 нм, 600-6600 \$/кг «SkySpring Nanomaterials», Хьюстон; «ALB Materials», Гендерсон; «EdgeTech Industries», Флорида; <30 нм «Nano Materials Store», Фремонт 50-800 нм «US Research Nanomaterials Inc», Хьюстон; 40-130 нм «Nanostructured Amorphous Materials», Хьюстон
Германия	1-10 мкм, 500-600 \$/кг «H.C.Starck Co» Карлсруэ; MaTeck GmbH, Лангенброх	20-40 нм, 4500 \$/кг «Plasma Chem GmbH», Берлин

Основные реакции протекают в газовой фазе (гомогенные процессы), что обуславливает протекание реакций вне равновесных условий при большом количестве образующихся зародышей конденсированной фазы и высокой скорости роста кристаллов [2].

В работе исследована возможность получения вольфрама и его соединений в потоке низкотемпературной плазмы в многоструйном дуговом плазменном реакторе, включающий в себя несколько секций реактора, камеру смешения и три плазмотрона ЭДП-104А конструкции СибГИУ (рисунок 1).



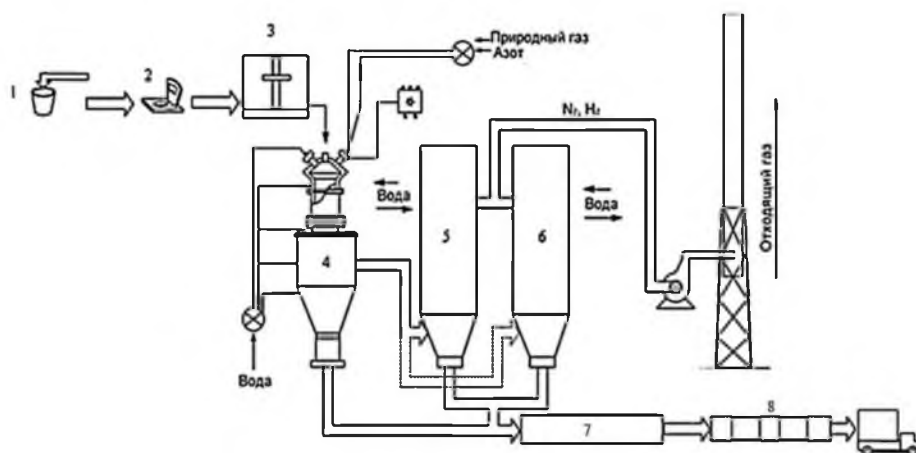
1 – торцевой электрод (катод); 2 – выходной электрод (анод); 3 – узел подачи рабочего газа; 4 – изолятор; 5 – постоянный магнит (соленоид)

Рисунок 1 – Плазмотрон ЭДП-104А

Оптимизированы технологические параметры синтеза получения порошков вольфрама и его карбидов из оксидного сырья восстановлением метана. Начальная температура процесса составляет 5600К, температура закалки – 2800К. В качестве исходного сырья используется триоксид вольфрама, карбидизатором и восстановителем является природный газ – метан, а плазмообразующим газом – азот. Оптимальные технологические параметры синтеза приведены в таблице 2, а аппаратурно-технологическая схема реализуемого проекта – на рисунке 2.

Таблица 2 – Оптимальные технологические параметры синтеза

Продукт	Исходные материалы	Размер частиц WO_3 , мкм	Средний расход газа, $nm^3/ч$	Температура, °К	$S_{уд}, \frac{m^2}{г}$	Расход материалов, кг/ч		Время пребывания в реакторе
						WO_3	CH_4	
W	WO_3 CH_4	50-100	N_2 36,5	5300 -1800	7,0	6,6	7,8	$2,5 \cdot 10^{-2} c^*$
WC	WO_3 CH_4	50-100	N_2 38,5	5600 -1500	5,0	3,6	4,8	$4,5 \cdot 10^{-2} c^*$



- 1 – хранение шихтовых материалов и подготовка шихты; 2 – дозирование; 3 – загрузка шихты в дозатор для высокодисперсного малосыпучего сырья; 4 – плазмообработка; 5-6 – охлаждение отходящего пылегазового потока и отделение целевого продукта; 7-низкотемпературный отжиг; 8 – контроль качества и упаковка

Рисунок 2 – Аппаратурно-технологическая схема получения нанодисперсных порошков вольфрама и его карбидов

Получаемые материалы представлены частицами с размером 10-70 нм. Внешние виды получаемых нанопорошков представлены на рисунке 3. В таблице 3 представлены некоторые свойства высокодисперсных порошков.

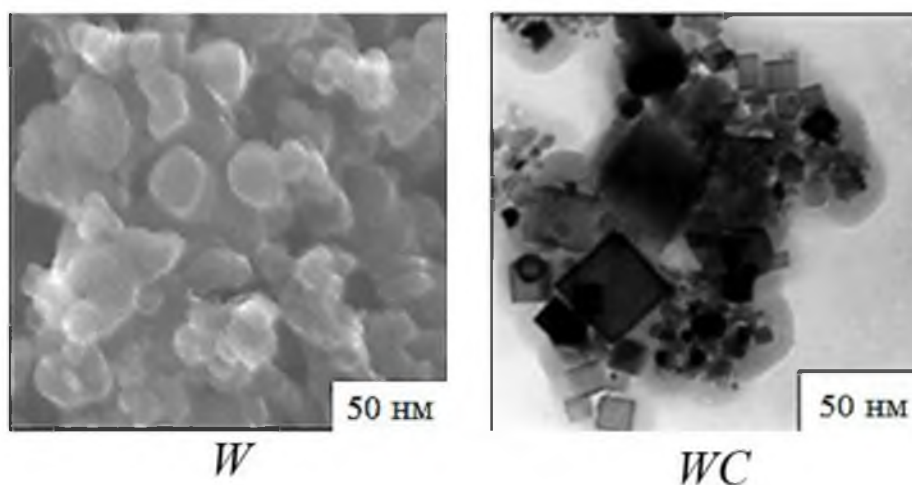


Рисунок 3 – Микрофотографии нанопорошков W и WC

Таблица 3 – Свойства нанодисперсных порошков W и WC

Продукт	Цвет порошка	Температура начала окисления, °K	Химический состав продуктов, вес %				Средний размер частиц, нм	Суд. м ² /г	Насыпной вес, г/см ³
			W	C _{общ}	C _{своб}	O			
W	черный	876	91,6	0,4	0,32	0,1	10-50	7,0	1,4
WC	черный	743	82,6	6,9	3,78	2,9	10-70	5,0	1,2

Анализ свойств полученных материалов предполагает высокую эффективность их применения в качестве упрочняющей фазы и модифицирования различных материалов.

Библиографический список

1. Зеликман, А.Н. Металлургия редких металлов: учебное пособие для вузов / А.Н. Зеликман, Г.А. Меерсон. – М.: Metallurgy, 1973. – 608 с.
2. Лепешев, А.А. Плазмохимический синтез нанодисперсных порошков и полимерных нанокомпозитов: монография / А.А. Лепешев, А.В. Ушаков, И.В. Карпов. – Красноярск: Сиб. федер. унт, 2012. – 328 с.
3. Галевский Г.В. Технология плазмометаллургического производства наноматериалов: учеб. пособие: В 2 т. / Г.В. Галевский [и др.]. – Т. 1. Основы проектирования плазмометаллургических реакторов и процессов. – М.: Флинта: Наука, 2008. – 228 с.

УДК 669.046.41+669.046.581

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ ИЗВЕСТКОВОГО ПРОИЗВОДСТВА АО «ЕВРАЗ ЗСМК»

Коряковцева О.В.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Ноздрин И.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru*

Проведен анализ основных видов конструкций печей для получения извести. Определены тенденции модернизации обжиговых печей в направлении улучшения качества продукции и энергоэффективности обжига. Рассмотрены современные конструкции двухшахтных и кольцевых печей и перспектива их установки на АО «ЕВРАЗ ЗСМК».

Ключевые слова: известняк, известь, флюсы, шахтная печь, обжиг.

В настоящее время предложение извести на мировом рынке оценивается в 110 млн. тонн, в том числе в России и США - около 40 млн. т. Согласно статистике, 89 % потребляет химическая и сталелитейная промышленность, 6 % используется в строительстве, 4 % для производства огнеупоров и менее 1 % в сельском хозяйстве [1].

Для металлургии известь - один из технологически необходимых продуктов, участвующий в большинстве процессов преобразования руды в металл. К примеру, производство одной тонны стали или чугуна требует около 50 кг извести. Известковые флюсы используют на девяти из десяти металлургических заводов. В связи с этим, цеха по производству извести являются структурными подразделениями большинства металлургических произ-