

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

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

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЧАСТЬ II

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
16 – 18 мая 2017 г.*

выпуск 21

Под общей редакцией профессора М.В. Темлянцева

**Новокузнецк
2017**

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор М.В. Темлянецв,
д-р хим. наук, профессор В.Ф. Горюшкин,
д-р физ.- мат. наук, профессор В.Е. Громов,
д-р геол. - минерал. наук, профессор Я.М. Гутак,
д-р техн. наук, профессор В.Н. Фрянов,
канд. техн. наук, доцент В.В. Чаплыгин,
д-р техн. наук, профессор Г.В. Галевский,
канд. техн. наук, доцент С.В. Фейлер,
д-р техн. наук, доцент А.Р. Фастыковский,
д-р техн. наук, профессор Н.А. Козырев,
канд. техн. наук, доцент С.Г. Коротков

Н 340

Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. М.В. Темлянцева. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2017. - Вып. 21. - Ч. II. Естественные и технические науки. –440 с., ил.- 113, таб.- 77.

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Вторая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области естественных и технических наук: химии, физики, перспективных технологий разработки месторождений полезных ископаемых, металлургических процессов, технологий, материалов и оборудования, экологии, безопасности, рационального использования природных ресурсов.

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

Флотация в колонне осуществляется при противоточном движении воздушных пузырьков и потоков пульпы. Воздушные пузырьки образуют на поверхности колонны пену, которая орошается для удаления частиц пустой породы водой. При работе колонны скорость нисходящих потоков пульпы должна быть меньше скорости всплывания воздушных пузырьков.

Перспективы внедрения колонных флотомашин с нисходящим пульпо-воздушным потоком на алюминиевых предприятиях обусловлены тем, что при сравнительно высоких качественных и количественных показателях флотации угольной пены, они, в сравнении с импеллерными аппаратами, занимают меньшую площадь, не имеют вращающихся частей и механизмов, потребляют меньше электроэнергии, поддаются полной автоматизации.

Дополнительным преимуществом использования флотационных машин колонного типа является повышенное извлечение в концентрат частиц криолита тонких классов, которое трудно реализовать на действующих механических флотомашин [2].

Первый опыт использования колонных флотационных аппаратов в алюминиевой промышленности был получен на Братском алюминиевом заводе.

Библиографический список

1. Куликов Б.П. Переработка отходов алюминиевого производства / Б.П. Куликов, С.П. Истомин. Красноярск: Классик центр, 2004. – 480 с.
2. Черных С.И. Принципы расчета и компоновки пневматических флотационных машин // Цветные металлы. – 1999. – № 5. – С. 87-89.
3. Полонский С.Б. Теория и практика колонных флотационных аппаратов с нисходящим пульпо-воздушным потоком.– Иркутск: ИрГТУ, 2011.– 104 с.
4. Рубинштейн Ю.А. Пенная сепарация и колонная флотация / Ю.А. Рубинштейн, В.И. Мелик, С.Б. Леонов. – М.: Недра, 1989. – 304 с.

УДК 621.762

НАНОТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТИТАНА С БОРОМ И УГЛЕРОДОМ: СОСТОЯНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЕ, РЕЗУЛЬТАТЫ

Ефимова К.А.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Галевский Г.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, email: kafcmet@sibsiu.ru*

Работа выполнена в СибГИУ при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере в рамках договора № 7112ГУ/2015.

Представлен аналитический обзор свойств и сфер применения порош-

ков тугоплавких соединений, в частности карбида и борида титана. Изучены перспективы применения нанотехнологий в производстве многофункциональных соединений титана с бором и углеродом – TiB_2 и TiC .

Ключевые слова: карбиды, бориды, титан, наносостояние, плазмометаллургическое производство, покрытия, керамика, наномодифицирование.

Карбид (TiC) титана и борид (TiB_2) титана – синтетические материалы, обладающие высокой твердостью, тугоплавкостью, жаропрочностью, износостойкостью. Такой комплекс практически значимых свойств позволяет решать инновационные научно-технологические и конструкторские задачи. Основные свойства и области применения TiB_2 и TiC представлены в таблице 1.

Таблица 1– Основные свойства и области применения диборида и карбида титана

Основные свойства	TiB_2		TiC	
	Значение характеристики	Области применения	Значение характеристики	Области применения
Сверхтвердость, микротвердость, ГПа	33	Компонент металллокермаческих твердых сплавов для резания металлов и бурения горных пород; броневая керамика.	29...31	В составе металллокерамических твердых сплавов для обработки резанием деталей; для получистового и получернового точения сталей, цветных металлов, фрезерования сталей и чугунов.
Тугоплавкость, температура плавления, К	3063	Жаропрочные сплавы и изделия (чехлы термодар, плавильные тигли, трубы для перекачки расплавленных металлов).	3523	Керметы для лопастей газовых турбин, роторов; фрикционные диски для самолетостроения; для изготовления направляющих роликов для горячей прокатки стали.

Продолжение таблицы 1

Основные свойства	TiB ₂		TiC	
	Значение характеристики	Области применения	Значение характеристики	Области применения
Сопротивление окислению на воздухе, температура начала окисления, К	1073	Ингибитор в производстве высокотемпературных огнеупоров на основе MgO-C для конвертеров.	1100	Материалы для лопаток турбин реактивных авиационных двигателей, защитных покрытий для сопел и головных частей ракет.
Смачиваемость расплавленным алюминием, краевой угол смачивания, град.	38	Компонент защитных покрытий катодов алюминиевых электролизеров.	149	В качестве диффузионных барьеров при получении карбоалюминиевого композиционного материала.

Новые перспективы применения карбида и бориды титана открываются при использовании его в наносостоянии. Карбид титана применяется при поверхностном модифицировании сплавов, сверхтвердых материалов и др. [1]. Диборид титана - в электролитическом производстве алюминия в качестве компонента смачиваемого покрытия катодов электролизеров, защищающего их от разрушающего воздействия криолитоглиноземного расплава [2].

Результаты исследования плазмотехнологических вариантов получения боридов и карбидов и их реализации достаточно подробно описаны в целом ряде публикаций, изданных в различное время, в том числе последних [3-5].

Разработка и освоение технологии плазмометаллургического производства диборида и карбида титана включает моделирование взаимодействия сырьевого и плазменного потоков, экспериментальное исследование, обсуждение механизма боридо- и карбидообразования, физико-химическая аттестация нанодисперсных продуктов. Ниже приведены уравнения, описывающие зависимость содержания бориды и карбида от основных технологических факторов, допустимые пределы изменения параметров боридо- и карбидообразования в условиях промышленного реактора мощностью 150 кВт и основные характеристики диборида и карбида титана (таблица 2).

$$[\text{TiB}_2] = -152 + 0,04T_0 + 0,005T_3 - 0,13[\text{B}] + 1,66\{\text{H}_2\} - 0,0006T_3\{\text{H}_2\} \quad (1)$$

$$[\text{TiC}] = 17,321 + 0,0105 T_0 - 0,0156 T_3 + 0,18 \{\text{CH}_4\} - 3,43 \{\text{H}_2\} - 0,42\{\text{N}\} \quad (2)$$

где T_0 – начальная температура плазменного потока, К;

T_3 – температура закалки продуктов боридо- и карбидообразования;

[B] – содержание бора в шихте (в % от стехиометрически необходимого);

{CH₄} – количество углеводорода (в % от стехиометрически необходимого);

{H₂} – концентрация водорода в плазмообразующем газе, % об.;

{N} – количество атомарного азота в плазмообразующем газе (в % от стехиометрически необходимого для образования циановодорода).

Таблица 2 - Допустимые пределы изменения параметров синтеза борида и карбида титана в промышленном реакторе мощностью 150 кВт и их основные характеристики

Параметры синтеза и характеристики	TiB ₂	TiC
Состав газа - теплоносителя, % об.:		
- азот / водород / метан	74/25/1	99/-/1
Технологический вариант синтеза	Ti+B+H ₂	Ti+CH ₄
Производительность по сырью, кг/ч	4,16	3,2
Количество бора в шихте, % от стехиометрического	100-125	–
Количество карбидизатора, % от стехиометрического	–	120-140
Начальная температура плазменного потока, К	н.м. 5400	н.м. 5400
Температура закалки, К	2300-2800	2300-2800
Фазовый состав	TiB ₂	TiC
Содержание основной фазы, %	92-93	93-93,5
Выход основной фазы, %	91,5-92,5	92-92,5
Производительность, кг/ч	4,16	3,7
Интенсивность, кг/ч·м ³	2447	2105
Удельная поверхность, м ² /кг	43000	34000
Размер* частиц, нм	36,0	35,0
Форма частиц	Шаровидная	Огран. куб.
Окисленность** нанопорошка x10 ⁷ , кг O ₂ /м ²	1,42	4,5
* - рассчитывался по величине удельной поверхности;		
** - определялась после выдержки на воздухе в течение 24 ч.		

Библиографический список

1. Кипарисов С.С. Карбид титана: получение, свойства, применение /С.С. Кипарисов, Ю.В. Левинский, А.П. Петров.М.: Металлургия, 1987.216 с.
2. Serlire M. Cathodes in Aluminum Electrolysis / М. Serlire, Н.А. Oye // Dusseldorf: Aluminum – Verlag, - 2010. - 698 p.
3. Ширяева Л.С. Производство и применение карбида титана (оценка,

тенденции, прогнозы) / Л.С. Ширяева, А.К. Гарбузова, Г.В. Галевский // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2014. - № 2(195). – С. 100 – 108.

4. Галевский Г. В. Применение плазменного нагрева в производстве высокотемпературных боридов и карбидов / Г. В. Галевский, В. В. Руднева, И. В. Ноздрин, С. Г. Галевский, К. А. Ефимова // Специальная металлургия: вчера, сегодня, завтра: материалы XIV Всеукраинской науч.-практ. конф. (апрель 2016). – Киев, 2016. – С. 248 – 259.

5. Efimova K.A. Synthesis and properties of nanoscale titanium boride / K.A. Efimova, G. V. Galevsky, V. V. Rudneva // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 91 (2015) 012002 doi:10.1088/1757-899X/91/1/012002

УДК 669.716:621.745

ВЛИЯНИЕ МЕДИ НА ЛИНЕЙНОЕ РАСШИРЕНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ Al-Si

Малюх М.А.

Научный руководитель: д-р техн. наук, доцент Попова М.В.

Сибирский государственный индустриальный университет,

г. Новокузнецк, e-mail: malyuh_ma@umi.sibsiu.ru

Представлены результаты исследований влияния совместного легирования кремнием и медью на температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) алюминиевых сплавов. Установлено, что совместное легирование снижает ТКЛР гораздо эффективнее, чем отдельное легирование кремнием и медью сравнимых концентраций.

Ключевые слова: температурный коэффициент линейного расширения, алюминий, кремний, медь, легирование.

В настоящее время конструкторы предъявляют повышенные требования к материалам, обладающим нужными значениями ТКЛР. Так, для космического приборостроения необходимо сочетание высокой стабильности размеров в широком интервале температур, коррозионной стойкости и малого удельного веса, так как облегчение выводимых на орбиту конструкций и приборов способствует значительной экономии топлива [1].

Этим требованиям отвечают сплавы Al с Si, так как Al – легкий и пластичный металл, обладающий хорошей коррозионной стойкостью. ТКЛР у него достаточно велик ($\alpha_{0-100} = 23,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$), однако легированием кремнием его можно значительно снизить [2]. Кремний легок ($\gamma = 2420 \text{ кг/м}^3$), имеет весьма низкий ТКЛР ($\alpha_{20-300} = 2,4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$).

Медь, также как и кремний, является важнейшим легирующим элементом алюминия. Сплавы системы Al–Si–Cu широко применяются в машиностроении как конструкционные материалы и их свойства постоянно повышаются [3]. Авторским коллективом [4] подробно изучались сплавы Al–

Ефимова К.А. Нанотехнологии в производстве многофункциональных соединений титана с бором и углеродом: состояние, исследование, результаты.....	300
Малюх М.А. Влияние меди на линейное расширение алюминиевых сплавов Al-Si.....	304
IV. ЭКОЛОГИЯ. БЕЗОПАСНОСТЬ. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ	308
Сазонова Я.Е. Влияние способа отопления котельных агрегатов на вредные выбросы в атмосферу.....	308
Садковский В.С. Оценка экологического риска от выбросов в атмосферу доменного цеха.....	311
Злобина Е.С. Переработка высокозольных угольных отходов в топливо методом масляной агломерации.....	316
Брызгалова А.Ю., Семичева И.Р. Исследования содержания тяжелых металлов в сточных водах металлургического производства.....	319
Рогозина А.В., Обголец Е.О. Состояние вопроса загрязнения почв тяжелыми металлами г. Новокузнецка.....	323
Дятлова К.А. Каталитическое обезвреживание выбросов коксохимического производства на базе металлургических шлаков.....	326
Перегаедова К.А. Возможность глубокого обезвоживания отходов углеобогащения с помощью фильтр-пресса	331
Кононова А.С. Решение задач энергосбережения на молочных фермах с помощью тепловых насосов.....	334
Колпаков Д. Е. Способы оценки воздействия участка открытых горных работ на состояние подземных вод.....	337