

**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.

ПРИМЕНЕНИЕ ДИБОРИДА ТИТАНА: МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ И АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ

Ефимова К.А.

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

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

Проведен анализ и систематизация сведений о применении диборида титана в современной технике. Предполагается эффективное применение нанокристаллического диборида титана в качестве компонента керамических материалов для технологии осаждения функциональных наноструктурных покрытий, компонента покрытия катода алюминиевого электролизера.

Ключевые слова: диборид титана, микропорошок, нанокристаллический, металлокерамика, катод алюминиевого электролизера, конструкционные материалы, СВС-способ.

Исследования способов получения, свойств, областей применения диборида титана TiB_2 , получили развитие более 50-ти лет назад научной школой известного российского ученого-материаловеда Самсонова Г.В. Со временем прикладной интерес к дибориду титана растет: в течение последних 10-ти лет в изданиях, индексируемых в базах данных «Scopus» и «Web of Science», размещено 120 публикаций, содержащих технологическую информацию о его производстве и применении.

Можно выделить следующие области применения TiB_2 :

Металлокермические инструментальные и конструкционные материалы. Высокая твердость и модуль упругости TiB_2 позволяют эффективно применять его в производстве броневой керамики и заменить высокостойкий карбид бора B_4C [1].

Введение в сплав $(Ti, Cr)B_2$ медно-никелевой связки значительно улучшает его прочностные характеристики и позволяет использовать для производства режущего и бурильного инструмента [2]. Сплавы систем TiB_2 -Mo, TiB_2 -Cr обладают высокой жаропрочностью и используются для изготовления разнопрофильных высокотемпературных деталей (детали газовых турбин, металлургических печей и др.) [3].

Огнеупорные и абразивные материалы. Высокая термоокислительная устойчивость позволяет эффективно применять порошок TiB_2 в качестве ингибитора окисления в составе высокотемпературного огнеупора на основе композиции $MgO - C$, для футеровок кислородных конверторов сталеплавильного производства [4]. Высокая твердость диборида титана позволяет применять его в качестве абразива в составе абразивных паст и шлифовального инструмента, обеспечивающих при обработке пластичных металлов и сплавов более высокую чистоту поверхности, чем шлифование синтетиче-

ским алмазом [5]. Диборид титана в составе оксидной композиции $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{TiB}_2$, получаемой СВС-способом, эффективно применяется для финальной обработки-доводки технического стекла [6].

Напыляемые и наплавляемые материалы. Диборид титана в составе материалов напыляемых и наплавляемых покрытий, значительно повышает их физико-химические свойства.

Напыление композиционных порошков НХТБ с добавками TiB_2 позволяет увеличить ресурс работы современных двигателей, повысить рабочие температуры отдельных деталей, защитить их от высокотемпературной коррозии и увеличить износостойкость узлов [7]. Напыление плазменным распылителем частиц TiB_2 крупностью 40 – 100 мкм с дистанции 100 мм, позволяет получить износо- и термостойкие покрытия на стали [8]. Защитные покрытия толщиной 0,6-1,2 мм с использованием диборида титана напыляются гидридо-плазменной технологией, разработанной ИФПМ СО РАН, на металлические катоды для создания неугольных катодных материалов [9].

Электрошлаковая наплавка с использованием порошковой проволоки, в состав наполнителя которой входит диборид титана (8-25 %), позволяет получить наплавленный металл с высокой износостойкостью в условиях абразивного износа без ударных нагрузок [10].

Материалы модифицирующих комплексов. Введение в расплав алюминия брикетированного нанокристаллического диборида титана, позволяет получать наноструктурированные легатурные сплавы Al-Cu что способствует измельчению структуры и влияет на прочностные свойства сплава за счет дополнительного легирования алюминиевого твердого раствора [11].

Керамические материалы для технологии осаждения функциональных наноструктурных покрытий. Магнетронное распыление СВС-катодов-мишеней, полученных на основе боридов титана и хрома, применяется для создания многофункциональных наноструктурных пленок (МНП), обладающих высокой твердостью, прочностью, термической стабильностью, жаростойкостью, коррозионной стойкостью. Благодаря этим свойствам МНП применяются для защиты поверхности изделия и инструмента от одновременного воздействия повышенных температур, агрессивных сред и различных видов износа: режущий и штамповый инструмент, прокатные валки, детали авиационных двигателей, газовых турбин и компрессоров, подшипники скольжения, сопла для экструзии стекла и минерального волокна и др. [12].

Материалы смачиваемых покрытий катодов алюминиевых электролизеров. Эффективность применения TiB_2 в качестве компонента материала покрытия для смачиваемых катодов алюминиевых электролизеров описана в работах [13-15]. Исследовались различные варианты катодных покрытий: горячепрессованные плитки из TiB_2 , композиционное покрытие TiB_2 +связка (TiB_2 +порошок графита+смола/пек; 30-60 % TiB_2 + 40-60 % антрацита + 5-20 % порошка графита + 5-20 % пека; TiB_2 + смола/пек, TiB_2 + Al_2O_3 + H_2O). Покрытие с TiB_2 обеспечивает смачивание угольного катода алюминием, имеет высокое сопротивление внедрению натрия, одновременно сочетает

достаточную твердость, прочность на изгиб, износостойкость, сцепление с основой, способствует снижению катодного падения напряжения и повышению катодного выхода алюминия по току. Технологически предпочтительнее применение TiB_2 + связующее. Это свидетельствует о необходимости дальнейшего развития технологической базы его производства. Диборид титана получаемый традиционными способами (СВС и печной синтеза) имеет размер частиц диапазона 5-10 мкм. Предполагается, что введение TiB_2 в состав суспензии с размером частиц 0,1 – 1 мкм и меньше будет способствовать повышению физико-механических и защитных свойств покрытия.

Библиографический список

1. Электронный каталог ГПНТБ России [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит., поступающей в фонд ГПНТБ России. – режим доступа: [http://www.virial.ru/materials/arm_ceramic/; 3.02.2015] – Загл. с экрана.
2. Murthy T.S.R.Ch. Development and Characterization of $(Ti,Cr)B_2$ based Composites / T.S.R.Ch. Murthy, J.K. Sonber, K.Sairam, R.D. Bedse // BARC Newsletter, No. 349, 2016, 1-10 pp.
3. Бор, его соединения и сплавы / Г.В. Самсонов [и др.]. – Киев : Изд-во АН УССР, 1960. – 590 с
4. Электронный каталог ГПНТБ России [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит., поступающей в фонд ГПНТБ России. – режим доступа: [http://unichim.ru/back/tmp_file/667039036.pdf; 3.02.2015] – Загл. с экрана.
5. Бориды: Тематическая консультация для студентов механических специальностей / Сост.: доц. А.Е.Иванцов, доц. Г.А.Рожкова; Казан. гос. технол. ун-т. Казань, 2006, - 19 с.
6. Амосов А.П. Порошковая технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза материалов: учеб.пособие / А. П. Амосов, И. П. Боровинская, А. Г. Мержанов; Под науч. ред. В. Н. Анциферова. - М.:Машиностроение-1, 2007. - 567 с.
7. Уманский А.П. Влияние дисперсных добавок диборида титана на структуру и свойства HVOF - покрытий системы $(Ni-Cr-Si-B) - TiB_2$ / А.П. Уманский, А.Е. Терентьев, М.С. Стороженко, В.М. Кисель, Ю.И. Евдокименко, В.Т. Варченко // Авиационно-космическая техника и технология, - 2013. - № 9. – С. 188 – 194
8. Горшков Б.Н. Технологический процесс нанесения покрытий из некоторых боридов переходных металлов методом плазменного напыления. Б.Н. Горшков, Ю.П. Кудрявцев, В.С. Лоскутов, В.А. Неронов, В.В. Алексеев/ Порошковая металлургия, - 1980. - №5(209)., С. 73-76
9. Гальченко Н.К. Принципы формирования защитных покрытий на основе диборида титана на поверхности металлических катодов при плазменном напылении. Н.К. Гальченко, В.П. Самарцев, К.А.Колесникова, С.И. Белюк, В.Г. Гальченко/ Вестник ТГУ, - 2013. - т.18, вып.4, С. 1815-1816

10. Артемьев А.А. Влияние микрочастиц диборида титана и наночастиц карбонитрида титана на структуру и свойства наплавленного металла / А.А. Артемьев, Г.Н. Соколов, В.И. Лысак // *Металловедение и термическая обработка металлов*, - 2011. - №12. – С. 32 – 37.

11. Бродова И.Г. Синтез алюминиевых композитов с наноразмерными частицами карбида и борида титана / И.Г. Бродова [и др.] // *Письма о материалах* - 2013 - т.3 – с. 91-94

12. Левашов Е.А. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез перспективных керамических материалов для технологии осаждения функциональных наноструктурных покрытий/ Е.А. Левашов [и др.]// *Изв. вузов. Цветная металлургия* – 2010 - №5 – с. 27-53

13. Pat. EP2493813 A1 Methods of making titanium diboride powders/ Jianagesh A. Sikhar; publ. 05.09.2012 – 4 p.

14. Subramanian C. Synthesis and consolidation of titanium diboride / C. Subramanian, T.S.R.Ch. Murthy, A.K. Suri// *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. – Vol. 25, Issue 4. – 2007. – pp. 345–350

15. Pat. EP 2748119 B1 Titanium diboride granules as erosion protection for cathodes; publ. 30.11.2016 – 6p.

УДК 621.762

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДИБОРИДА ТИТАНА В ПОКРЫТИИ КАТОДА АЛЮМИНИЕВОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА

Ефимова К.А.

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

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

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

Проанализированы технологические перспективы применения диборида титана в качестве основного компонента смачиваемого покрытия углеродсодержащих катодов с улучшенными физико – механическими и защитными свойствами.

Ключевые слова: алюминий, диборид титана, электролизер, смачиваемый катод, углеграфитовые материалы

Сплавы алюминия широко используются во многих отраслях машиностроения вследствие их малой плотности и относительно высокой прочности. Непрерывно растет мировое производство первичного алюминия, достигая в настоящее время объема порядка 37,3 млн. т/год [1]. Получают товарный алюминий электролизом фторидного криолит-глиноземного распла-

Алексеева Т.И. Анализ российского и мирового рынка нанокристаллического карбида циркония.....	265
Комрони М. Сырьевая база производства молибдена.....	268
Коновалова Х.А. Смолистые отходы коксохимического производства: практика и перспективы применения.....	271
Павловская Е.Д., Чистюхин Е.А., Джалолов Х.О. Комплексная аттестация цинксодержащих шламов предприятий по производству искусственных волокон Западно-Сибирского региона.....	275
Чистюхин Е.А., Джалолов Х.А., Павловская Е.Д. Переработка цинксодержащих отходов химико-металлургических производств Западно-Сибирского региона.....	278
Попов А.С. Особенности улавливания аммиака при очистке коксового газа.....	280
Старцев С.С. Способы сухого тушения кокса: технологические особенности и перспективы применения.....	283
Ефимова К.А. Производство диборида титана: исследование современных технологических решений, оценка перспектив развития.....	286
Ефимова К.А. Применение диборида титана: мониторинг состояния и анализ перспектив.....	289
Ефимова К.А. Перспективы применения диборида титана в покрытии катода алюминиевого электролизера.....	292
Пономарев Н.С. Коксовая пыль КХП: практика и перспективы использования.....	295
Пенкин А.Е. Колонные флотомашин: сравнительный анализ и перспективы использования.....	298