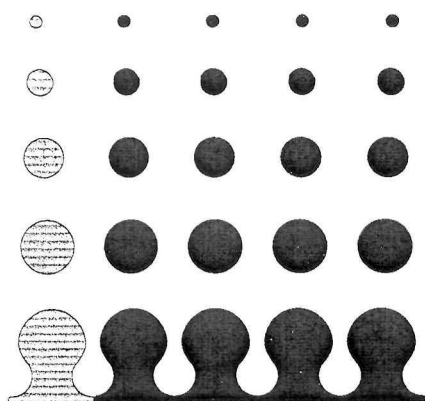
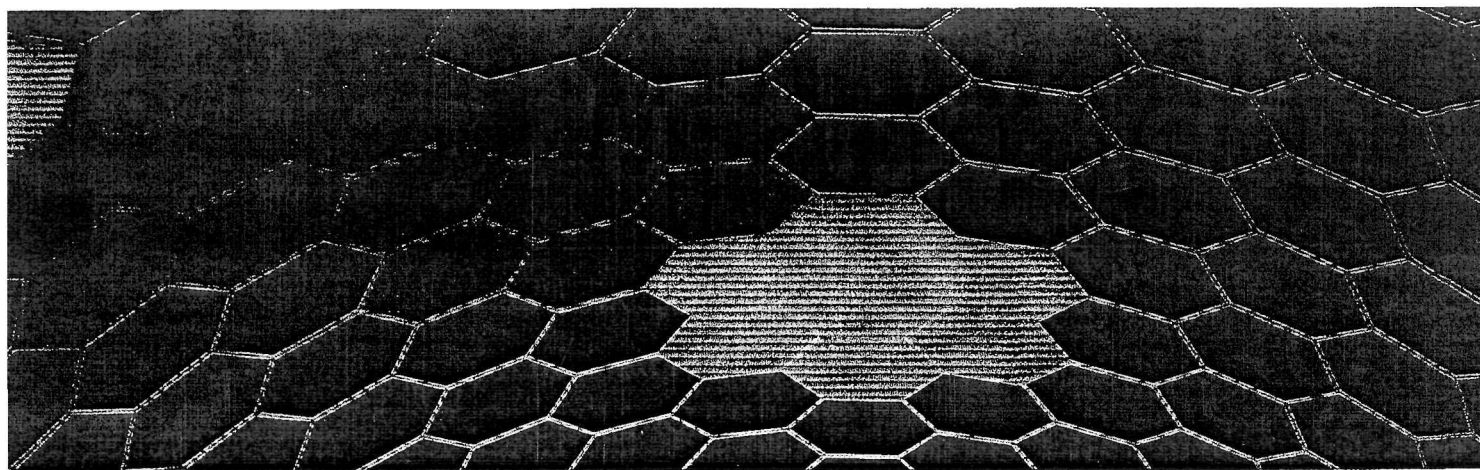




Rusnanotech

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
по НАНОТЕХНОЛОГИЯМ
6-8 ОКТЯБРЯ

09



Сборник тезисов
докладов
участников Второго
Международного
форума по
нанотехнологиям

МОСКВА

СОЗДАНИЕ НОВЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.И. Ладьянов, Г.А. Дорофеев, А.Н. Лубнин, В.А. Карев,
Б.Е. Пушкарев, М.И. Мокрушина, О.С. Якушев, С.В. Таныгин,
А.Б. Бабилов, В.А. Волков, Р.М. Никонова, Г.А. Дорофеев, Ю.А. Кулалаев
Физико-технический институт УрО РАН, г. Ижевск

Нанокристаллические реагенты в СВС нитридов переходных металлов. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) является наиболее высокопроизводительным и экономичным способом получения нитридов переходных металлов. В основе данного метода лежит экзотермическая реакция горения металлических порошков в атмосфере азота. С целью интенсификации синтеза в работе в качестве реагентов использовали металлические порошки после механоактивации в высокоэнергетической шаровой планетарной мельнице АГО-2С до получения нанокристаллического состояния. Сравнительный анализ структуры, фазового и химического состава продуктов СВС (нитридов хрома, ванадия и титана) с применением механоактивированных и немеханоактивированных твердых реагентов проводили методами рентгеновской дифракции, сканирующей электронной микроскопии и газового химического анализа. Исходные немеханоактивированные порошки и порошки после механоактивации имели приблизительно одинаковый гранулометрический состав. СВС проводили в одинаковых условиях под давлением азота 13 МПа. Продукты синтеза во всех случаях представляли собой смеси двух нитридов MN и M_2N (где $M = Ti, V, Cr$). Анализ показал, что предварительная механоактивация приводит к возрастанию доли наиболее высокоазотистого нитрида (MN) и общего содержания азота в продуктах СВС по сравнению со случаем немеханоактивированных реагентов. Наибольший эффект механоактивации (возрастание доли моонитрида на 40%) наблюдался при азотировании хрома, меньше в случае азотирования ванадия и он отсутствовал в случае титана. Таким образом, влияние предварительной механоактивации на степень азотирования тем больше, чем меньше теплота образования соответствующего нитрида. Полученные результаты обсуждаются с позиций ускоренной диффузии азота в наноструктурированных металлах и температурного режима СВС в различных системах металл-азот.

Работа выполнена при поддержке гранта по программе фундаментальных исследований Президиума РАН «Создание новых металлических, керамических, стекло-, полимерных и композиционных материалов».

Алюминиевые композиты, полученные с использованием нанодисперсных упрочняющих фаз и СВС. В данной работе изучали химическое и механическое взаимодействие карбидов, нитридов, оксидов, углеродных нанотрубок (УНТ) марки «Таунит» с алюминиевой матрицей в процессе перемешивания, горячего прессования и экструзии. Композиционные материалы готовили, вводя в алюминиевый порошок 5% по массе упрочняющей фазы.

Перемешивание композиционной смеси осуществляли в планетарном активаторе типа АГО-2С. Такая обработка приводит к переводу части материала в нанодисперсное состояние. Затем производили холодное и горячее прессование и горячую экструзию при температуре 480–500°C. После механоактивации и холодного прессования рентгенографически новые фазы не обнаруживались.

Введение карбидов (SiC , TiC , B_4C), нитридов (TiN , Si_3N_4 , ZnN , AlN), оксидов (MgO , SiO_2) повышает предел текучести алюминия с 10 кг/мм² до 37–41 кг/мм².

При низкотемпературной экструзии (400°C) взаимодействия между нанотрубками и алюминиевой матрицей не наблюдалось, при этом образовывался композит с ориентированной структурой и невысокой твердостью.

При экструдировании данного материала при более высокой температуре (480–500°C) происходило образование материала с высокой твердостью 192 HV ($\delta_t = 64$ кг/мм²), обусловленной образованием фазы Al_4C_3 . Однако при испытании на растяжение материал демонстрировал высокую хрупкость. Можно надеяться, что при удачном подборе режимов, обеспечивающих сохранение нанотрубок и их взаимодействие с матрицей, возможно получение материала с высокой прочностью.

На основании проведенных исследований можно заключить, что существует возможность дополнительного упрочнения алюминиевых сплавов путем ввода в высокопрочную матрицу упрочняющих нанодисперсных фаз.

Дальнейшие исследования были продолжены путем ввода в алюминиевую матрицу состава аналогичного сплаву В96 интерметаллида методом СВС. Полученные слитки были прокатаны на броневые карточки. Отстрел броневых карточек был произведен с использованием 9-мм ПМ с патронами 9 · 18 мм ПМ с пулей Пст с подложкой из кевлара с расстояния 5 м.

Результаты испытаний показали перспективность данного направления работ для получения новой алюминиевой брони.

Механокompозиты металл-наноуглеродные структуры. Одними из наиболее перспективных материалов нового поколения являются нанокристаллические сплавы и композиты на их основе, в том числе с применением наноуглеродных структур (нанотрубок, фуллеренов и др.). Эффективным методом получения металл-наноуглеродных композитных материалов является твердофазный механохимический синтез. В настоящей работе методом механоактивации (МА) в шаровой планетарной мельнице АГО-2С получены нанокомпозиты $Me-C$, где $Me = Fe, Cu$ и Mg ; C = гексагональный графит (C_g), фуллерит $C_{60,70}$ (C_2), многослойные нанотрубки (C_{nt}). Исследования выполнены с использованием методов рентгеновской дифракции, растровой электронной микроскопии и УФ-спектроскопии.

Установлено, что в процессе МА наблюдается измельчение структуры порошков металлов до предельных размеров кристаллитов 10–20 нм. При механоактивации системы $\text{Fe}(100-X)\text{C}(X)$ формируется наноккомпозит, фазовый состав которого зависит от количества и типа углерода. При $x = 25$ ат. % в исходном смеси в случае $\text{Fe}-\text{C}_g$ образуется только цементит, в случае $\text{Fe}-\text{C}_f$ наблюдается последовательное образование целого ряда карбидов разного стехиометрического состава — FeC , Fe_3C , Fe_5C_2 , Fe_7C_3 . При $x = 75$ ат. %, независимо от формы исходного углерода, образуется одинаковый набор карбидов (FeC , Fe_3C , Fe_5C_2 , Fe_7C_3), отличия проявляются только в их количественном соотношении.

При механоактивации системы $\text{Cu}_{75}(\text{C}_g)_{25}$ уже через 30 мин механического воздействия зафиксировано увеличение параметра решетки меди (от 0,3616 до 0,3619 нм), что объясняется образованием твердого раствора внедрения углерода в Cu. В то же время в системе $\text{Cu}_{75}(\text{C}_f)_{25}$ при сохранении фуллеритовой структуры (до 1 ч МА, пока фуллерены, согласно УФ-спектральному анализу, находятся в стабильном состоянии) изменения параметра решетки меди не зафиксировано.

Установлено, что при МА систем $\text{Mg}-\text{C}$ в зависимости от типа углеродной добавки (10 ат. %) в смеси наблюдается разный механизм деформации Mg, о чем свидетельствуют различия в форме и дисперсности порошков. В частности, при МА систем $\text{Mg}-\text{C}_g$ и $\text{Mg}-\text{C}_{nt}$ (до 2 ч МА) зафиксирована чешуйчатая форма порошков и высокая текстурованность структуры, что говорит о высокой пластичности материала. В случае $\text{Mg}-\text{C}_f$ наблюдается равноосная форма частиц и высокая их дисперсность. Фуллереновые добавки приводят к сильному упрочнению магния, что проявляется в значительном увеличении микротвердости частиц (в ~1,5 раза). Образование карбидов и изменения параметра решетки Mg не зафиксировано.

Работа выполнена при поддержке грантов по программам фундаментальных исследований Президиума РАН «Химия и физико-химия супрамолекулярных систем и атомных кластеров» и фундаментальных исследований, выполняемых в УрО РАН (междисциплинарные проекты).

Новая броневая высокоазотистая сталь, полученная с применением наноматериалов. В настоящее время наиболее прочной броневой сталью считают углеродистую конструкционную сталь «56», имеющую $\delta_B = 2300\text{—}2500$ МПа, что почти в 2 раза выше прочности лучших броневых титановых сплавов типа ВТ-32 ($\delta_B = 1300$ МПа).

Однако титановые сплавы почти в 2 раза легче стали и являются коррозионностойким материалом. Поэтому задача создания нержавеющей стальной брони для замены более дорогой титановой как в научно-техническом, так и в экономическом аспектах, весьма актуальна.

Нержавеющую азотистую сталь выплавляли в открытой индукционной печи. Расходуемые электроды из данной стали переплавляли на печи ЭШП с дополнительным легированием азотистыми наноматериалами. После прокатки слитков получали броневые карточки толщиной 2 и 3 мм для стендовых испытаний в тире службы вооружения ОМОН МВД.

Стендовые испытания проводили путем отстрела с использованием 9-мм пистолета ПМ с патронами 9 · 18 мм ПМ с пулей Пст, 9-мм пистолета ПЯ 6П-35 с патроном 9 · 19 мм «Людгер» по бронепластинам с подложкой из кевлара с расстояния 5 м.

По результатам испытаний сделано заключение о том, что испытанные броневые карточки соответствуют уровню защиты по 2 классу.

Металлографические и рентгеноструктурные исследования металла отстрелянных карточек показали, что в зоне действия пули прошли структурно-фазовые превращения, которые выражаются в упрочнении за счет появления мартенсита в микроучастках аустенита. Повышенная пластичность металла в очаге деформации от воздействия пули, по-видимому, вызвана трипп-эффектом.

НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОРОШКИ ТАНТАЛА

Л.И. Леонтьев, В.А. Костылев, В.Л. Лисин, Р.Г. Захаров, С.А. Петрова

Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург
ООО «Технологии тантала», г. В. Пышма

В настоящее время тантал широко используется в производстве конденсаторов, которые стали важной частью торгового рынка во всем мире. Танталовые конденсаторы имеют существенные преимущества по сравнению с конденсаторами других типов: большую надежность, небольшие размеры, высокую емкость и малые токи самозаряда. Чем больше удельная поверхность порошка, тем меньше его требуется для создания конденсатора заданной емкости, и тем миниатюрнее изделие. Кроме требований к удельной поверхности танталовых порошков электронная промышленность предъявляет высокие требования к химической чистоте, сыпучести и гранулометрическому составу.

В данной работе были проведены исследования химического, фазового и гранулометрического состава, удельной поверхности и микроструктуры нанокристаллических порошков тантала, полученных электрохимическим способом.

В качестве растворимого анода использовали танталовый пруток, химический состав которого представлен в табл. 1.