

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ТИТАНА ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИМ СИНТЕЗОМ

На основе анализа существующих способов получения наноматериалов обосновано применение плазмохимического синтеза для получения нанодispersных тугоплавких композиций на основе титана. Разработаны технологические параметры синтеза порошков карбидов, нитридов, карбонитридов титана с размером частиц 50...100 нм. Получены наноконпозиции TiC, TiN, Ti (C, N) заданной формы и размеров. Изучены кристаллографические параметры и физические свойства наночастиц, доказывающие их кристаллическое строение. Проведен анализ особенностей строения и свойств нанопорошковых композиций по сравнению с обычными порошками того же состава. Полученные наноконпозиции плазмохимического синтеза применены в качестве основы модификаторов железо-углеродистых сплавов и цветных металлов.

Ключевые слова: наноконпозиции, порошки, титан, плазмохимический синтез, модификатор.

Введение

Повышение качества физико-механических и эксплуатационных свойств изделий машиностроения, авиационной и космической техники может быть решено при разработке новых материалов с принципиально отличающимся составом, структурой и технологией получения. К таким материалам относятся наноструктурные материалы на основе нанопорошков металлов, сплавов, оксидов, нитридов, карбидов и эти же вещества в компактном состоянии с зёрнами нанометрового диапазона, а также нанополимеры и наноконпозиты [1–3]. Создание наноматериалов связано с разработкой и применением нанотехнологий. Изучение наноматериалов выявило много проблем в фундаментальных знаниях о природе нанокристаллического состояния и его стабильности при различных условиях [4, 5]. Решение этих проблем связано в первую очередь с изучением способов получения, особенностями строения и свойств нанопорошков тугоплавких металлов.

Постановка задачи

Задача материаловедения заключается в создании современных высокопрочных сталей и сплавов со стабильной структурой, способных работать в широком диапазоне температур, статических и динамических воздействий [9–10]. Целью данной работы является разработка технологических параметров получения нанодispersных тугоплавких композиций на основе титана. Необходимо изучить существующие способы получения нанопорошков и обоснованно выбрать метод получения наноконпозиций на основе титана, являющихся эффективными модификаторами сталей и сплавов.

Материалом исследования служили наноконпозиции на основе карбидов, нитридов, карбонитридов ти-

тана с заданными кристаллографическими параметрами и размером частиц от 50 до 100 нм.

Результаты исследований

Для всех методов получения нанопорошков, отличающих их от методов получения обычных порошков, характерно:

- высокая скорость образования центров зарождения частиц;
- малая скорость роста частиц;
- размер получаемых частиц не более 100 нм;
- узкий диапазон распределения частиц по размерам;
- стабильность получения частиц заданного размерного диапазона;
- воспроизводимость химического и фазового состава частиц;
- повышенные требования к контролю и управлению параметрами процесса получения.

Общей особенностью наночастиц порошков, полученных любым методом, является их склонность к объединению в агрегаты и агломераты. В результате необходимо учитывать не только размеры, но и формы их объединений. В агрегатах связь между кристаллитами прочнее, а межкристаллитная пористость меньше. При последующем компактировании для достижения заданной пористости материала агрегатированные порошки требуют высоких температур и давлений по сравнению с неагрегатированными.

Все группы методов получения нанопорошков можно условно разделить на две группы (рис. 1). К первой группе можно отнести технологии, основанные на химических процессах, ко второй группе – на физических процессах.

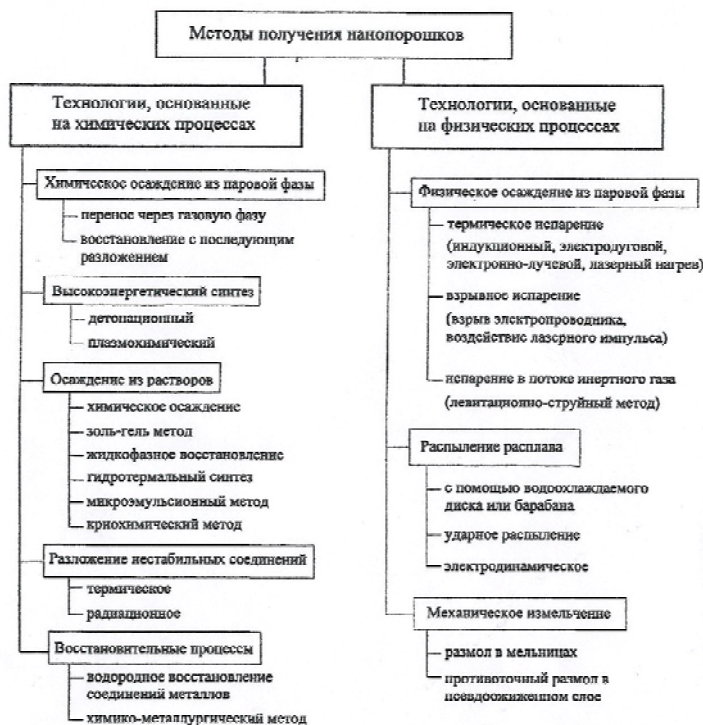


Рис. 1. Основные методы получения нанопорошков [5, 7]

Наиболее перспективным способом получения нанодисперсных композиций на основе титана является плазмохимический синтез. Схема установки приведена на рис. 2. В качестве исходного сырья использовали порошки титана размером 0.3...0.5 мм. Источником углерода служил природный газ. За счет высокой температуры плазмы (до 10000 К) и высоких скоростей взаимодействия обеспечивается переход всех исходных веществ в газообразное состояние, их последующее взаимодействие и конденсация продуктов в виде нанопорошка с частицами правильной формы размерами от 10 до 200 нм.

Источником энергии для получения плазмы азота является высокочастотный генератор ВЧИ 11-60/1.76, работающий на частоте 1,76 МГц при напряжении питания 380 В. Температура потока азотной плазмы составляла 5800 К [8].

На приведенной высокочастотной установке получали нанопорошки TiC, TiN, Ti (C,N) гранулометрического состава 50...100 нм. Выбор скорости охлаждения позволил получить порошки заданного состава, формы и размеров (табл. 1).

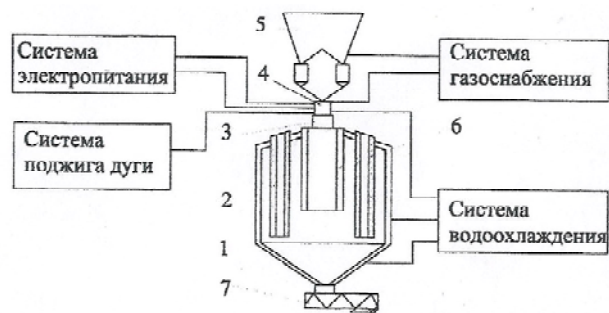


Рис. 2. Схема установки для получения нанопорошков методом плазмохимического синтеза [8]: 1 – корпус установки, 2 – рукавные фильтры, 3 – реакционная камера, 4 – плазмотрон, 5 – устройство ввода продукта в плазменную струю, 6 – труба отжига порошка, 7 – разгрузочное устройство

Полученные нанопорошки имеют правильную геометрическую форму в виде кубов и многогранников, а также кристаллическое строение.

Кристаллографические параметры и физические свойства полученных композиций приведены в табл. 2.

Таблица 1 – Фазовый состав нанопорошков на основе титана

Соединения	Концентрация элементов, % мас.					
	С свободный	С связанный	N свободный	N связанный	Ti свободный	Ti связанный
TiC	1.0...1.5	18...21	-	-	1.0...1.5	76...80
TiN	-	-	-	20...23	1.0...1.5	75...78
Ti (C,N)	0.5	15...17	0.5...1.0	19...22	0.5...1.0	60...65

Таблица 2 – Кристаллографические параметры дисперсных композиций на основе титана

Формула соединения	Сингония	Тип фазы	Период решетки, нм	Плотность, кг/м ³	Температура плавления, °С
TiC	кубическая	внедрения	0,4349	4920	3140
TiN	кубическая	внедрения	0,4243	5430	2950
Ti(C,N)	кубическая	внедрения	0,4256	4950	3120

Нанодисперсные композиции применяли для получения комплексных модификаторов железо-углеродистых сплавов и цветных металлов.

Заключение

Проведен обзор современных публикаций, способов получения и особенностей свойств наноматериалов. Приведена классификация способов получения наноматериалов. Обосновано применение метода плазмохимического синтеза для получения тугоплавких соединений на основе титана. Разработаны технологические параметры процесса. Получены нанопорошки TiC, TiN, Ti (C,N) с размером частиц 50...100 нм.

Изучены кристаллографические параметры и физические свойства наноконпозиций, доказывающие их кристаллическое строение. Нанодисперсные композиции применены в качестве основы модификаторов железо-углеродистых и цветных сплавов.

Список литературы

1. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – М. : Физматлит. – 2005. – 426 с.
2. Морохов И. Д. Ультрадисперсные металлические среды / И. Д. Морохов, Л. И. Трусов, Е. П. Чирик. – М. : Атомиздат. – 1977. – 264 с.
3. Петров Ю. И. Кластеры и малые частицы / Ю. И. Петров. – М. : Наука. – 1986. – 368 с.
4. Борисенко В. Е. Наноматериалы и нанотехнологии / В. Е. Борисенко, Н. К. Толочко. – Минск : ИЦБГУ. – 2008. – 375 с.
5. Наноматериалы / [Б. М. Балоян, А. Г. Колмаков, М. И. Алимов, А. М. Крогов]. – М. : Угреша. – 2007. – 386 с.
6. Наноматериали та нанотехнології : підручник / [В. О. Богуслаєв, О. Я. Качан, Н. Е. Калініна та ін.] – Запоріжжя : Мотор Січ. – 2015. – 200 с.
7. Saunders N. The Application of CALPHAD Calculations to Ni-based Superalloys / N. Saunders, M. Fahrman, C. Small// In «Superalloys 2000», eds. K.A. Green;- TMS, Warrendate. – 2000. – 803 p.
8. Особенности наномодифицирования многокомпонентных никелевых сплавов / [Н. Е. Калинина, А. Е. Калиновская, В. Т. Калинин и др.] // Авиационно-космическая техника и технология. – 2012. – № 7(94). – С. 23–26.
9. Патон Б. Е. Современные направления повышения прочности и ресурса сварных конструкций / Б. Е. Патон // Автоматическая сварка. – 2000.–№ 9.– С. 3–14.
10. Мешков Ю. Я. Прочность как основа конструкционной надежности сталей и сплавов / Ю. А. Мешков // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. ПГАСА. – Вып.80. – Днепропетровск. – 2015. – С. 204–210.

Одержано 15.05.2017

Носова Т.В., Калінін О.В. Одержання нанокристалічних композицій на основі титану плазмохімічним синтезом

На основі аналізу наявних способів отримання наноматеріалів обґрунтовано застосування плазмохімічного синтезу для отримання нанодисперсних тугоплавких композицій на основі титану. Розроблені технологічні параметри синтезу порошків карбідів, нітридів, карбонітридів титану з розміром часток 50...100 нм. Отримані наноконпозиції TiC, TiN, Ti (C, N) заданої форми і розмірів. Вивчені кристаллографічні параметри і фізичні властивості наночасток, що доводять їх кристалічну будову. Проведений аналіз особливостей будови і властивостей нанопорошкових композицій порівняно із звичайними порошками того самого складу. Отримані наноконпозиції плазмохімічного синтезу застосовані як основа модифікаторів залізо-вуглецевих сплавів і кольорових металів.

Ключові слова: наноконпозиції, порошки, титан, плазмохімічний синтез, модифікатор.

Nosova T., Kalinin A. Obtaining nanocrystalline compositions of titanium based making by plasmachemical synthesis

On the basis of analysis of existent methods of receipt the nanomaterials application plasmachemical synthesis is reasonable for the receipt of nanodispersible refractory compositions on the basis of titan. The technological parameters of synthesis of powders the carbides, nitrides, carbonitrides titan with particles size for 50...100 nm are worked out. Nanocompositions TiC, TiN, Ti (C, N) true-to-shape and sizes, are got. Crystallographic parameters and physical properties of nanoparticles, proving them crystall structure, are studied. The analysis of features structure and properties of nanopowder-like compositions is conducted as compared to ordinary powders of the same composition. Obtaining nanocompositions of plasmachemical synthesis are applied on basis of modifiers the iron-carbon alloys and coloured metals.

Key words: nanocompositions, powders, titanium, plasmachemical synthesis, modifier.