

границами и порами. Нагрев до более высоких температур – 0,4-0,5Тпл сопровождается межчастичной собирательной рекристаллизацией, при которой отдельные частицы растут за счет уменьшения соседних более мелких частиц. Развитие межчастичной рекристаллизации в высокотемпературной области приводит к исчезновению границ между частицами и межзеренные границы оказываются расположенными произвольно и не связаны с начальным расположением границ между исходными частицами порошка.

На последней стадии также наблюдается интенсивный рост контактов между частицами и их качественное изменение, связанное с образованием металлической связи между частицами, которая в зависимости от условий спекания и природы металла, проявляется в образовании «мостиков» между частицами либо сплошных контактов с металлической связью. Образование металлической связи способствует усадке, собирательной межчастичной рекристаллизации и слиянию отдельных частиц в единое целое.

Нужно отметить также что большое влияние на процесс спекания оказывают аллотропические превращения (для железа $\alpha \leftrightarrow \gamma$ превращение), при которых происходит изменение структуры материала – образование мелких зерен (аустенита внутри крупных ферритных зерен) и с повышением температуры спекания их рост.

На формирование структуры и свойств при спекании большое влияние оказывают характер контакта между исходными частицами порошковых компонентов и процесс его качественного изменения [3]. Если после прессования между частицами контакт в основном оксидный, а доля металлического контакта мала, то при нагревании и за счет восстановления оксидов протяженность металлического контакта увеличивается. Дальнейший нагрев (допускается использование восстановительной среды) и изотермическая выдержка при спекании активизируют контактные поверхности. Это приводит к объемному взаимодействию с возникновением прочных связей. Таким образом, при спекании однородных частиц важную роль играют рекристаллизационные процессы, а при спекании разнородных – гетеродиффузия. При развитии процессов гетеродиффузии большое значение приобретают активность атомов компонентов и скорость их диффузии.

Если же рассматривать активацию процессов диффузии в наноразмерных материалах, то она связана с увеличением объемной доли границ зерен. С уменьшением размера зерна от 1 мкм до 2 нм объемная доля межзеренных границ увеличивается до 88% [4,5]. Атомы, расположенные на границах зерен, обладают свойствами отличающимися от объемных, так как они связаны с окружающими их атомами по-иному, чем в объеме. В результате на границах происходит атомная реконструкция и появление другого порядка расположения атомов.

Порошковые консолидированные наноматериалы, в том числе и конструкционные, пока еще не нашли широкого применения вследствие трудности сохранения их наноструктуры при спекании.

На основании выполненных и приведенных в этой статье теоритических и экспериментальных исследований можно сделать следующие основные выводы:

- процессы диффузии, присутствующие практически во всех вариантах спекания порошковых материалов, являются одними из основополагающих при получении формы и заданных свойств будущей детали;
- игнорировать эти процессы при разработке технологических процессов производства нельзя;
- приведенные в этой статье математические модели, учитывающие наряду с прочим и процессы диффузии, помогут при производстве изделий из порошковых материалов.

Список использованных источников

1. Скороход В.В., Солонин С.М. Физико-металлургические основы спекания порошков. / В.В. Скороход, С.М. Солонин – Москва : Metallurgy, 1984. – 159с.
2. Ивансен В.А. Фемениология спекания и некоторые вопросы теории. / В.А. Ивансен – Москва : Metallurgy, 1985.–245с.
3. Дьячкова Л.Н. Порошковые материалы на основе железа. / Л.Н. Дьячкова, Л.Ф. Керженцева, Л.В. Маркова – Минск : ОДО «Топник», 2004. – 227с.
4. Андриевский Р.А. Наноструктурные материалы. / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля – Москва : Akademia, 2005. – 180с.
5. Попов В.А. Нанопорошки в производстве композитов./ В.А. Попов, А.Г. Кобелев, В.Н. Чернышев – Москва : Интернет Инженеринг, 2007 – 336с.

УДК 621.92

ПОЛУЧЕНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ПОРОШКА ВЫСОКОСКОРОСТНЫМ СПОСОБОМ

Асп. Титов Ю.В., студ. Ежов А.А., студ. Каменов Р.У., студ. Госина К.К., студ. Никитина А.В.

Омский государственный технический университет

К настоящему времени разработано большое количество методов и способов получения нано и ультрадисперсных материалов. Это обусловлено разнообразием состава и свойств, с одной стороны, а с

другой – позволяет расширить ассортимент данного класса веществ, создавать новые и, уникальные образцы. [1]

Формирование нано и ультрадисперсных структур может происходить в ходе таких процессов, как фазовые превращения, химическое взаимодействие, рекристаллизация, аморфизация, биологический синтез, а так же высокие механические нагрузки. Как правило, формирование этих материалов возможно при наличии существенных отклонений от равновесных условий существования вещества, что требует создания специальных условий и, зачастую, сложного и прецизионного оборудования. Совершенствование ранее известных и разработка новых методов получения нано и ультрадисперсных материалов определило основные требования, которым они должны соответствовать, а именно:

- должен обеспечивать получение материала контролируемого состава с воспроизводимыми свойствами;
- обеспечивать временную стабильность нано и ультрадисперсных материалов, в первую очередь защиту поверхности частиц от самопроизвольного окисления и спекания в процессе изготовления;
- должен иметь высокую производительность и экономичность;
- а так же обеспечивать получение нано и ультрадисперсных материалов с определенным размером частиц, причем их распределение по размерам должно быть, при необходимости, достаточно узким. [2]

Методы получения нано и ультрадисперсных материалов делятся на физические, химические, биологические и механические, т.е. в основе данной классификации лежит природа процесса получения материалов.

В основе механических методов получения лежит воздействие больших деформирующих нагрузок: кавитационные процессы, давления, прессования, вибрации, трения и т.п. [3]

Проанализировав достоинства и недостатки механических методов (табл. 1), предлагается получение порошка высокоскоростным способом. Установка разработана на базе специального шлифовально-заточного станка, полуавтомата ВЗ-326Ф4 с числовым программным управлением (ЧПУ). [4]

Таблица 1 – Особенности механических методов измельчения

Достоинства	Недостатки
сравнительная простота установок и технологий	возможность загрязнения измельчаемого порошка истирающими материалами
возможность измельчать различные материалы	трудности получения порошков с узким распределением частиц по размерам
возможность получения порошков из сплавов	сложности регулирования состава продукта в процессе измельчения
возможность получать материал в большом количестве	возможность самопроизвольного окисления и спекания в процессе изготовления
сохранение свойств исходного материала	

Станок был модернизирован для высокоскоростного способа получения ультрадисперсного порошка. Модернизация заключалась в установке системы ЧПУ и новой бабки для высокоскоростной обработки. На станок была установлена отечественная система ЧПУ «Маяк-600». Применение данной системы позволяет в автоматическом режиме обрабатывать материал, один раз, за смену настроив процесс – далее только устанавливать новый материал. Также была произведена, заменена стандартной шлифовальной бабки на бабку, предназначенную для высокоскоростной обработки, применены специальные подшипники качения и бесшовный ремень. После модернизации станок обеспечивает частоты вращения шпинделя до 30000 об/мин. (рис. 1) [5]

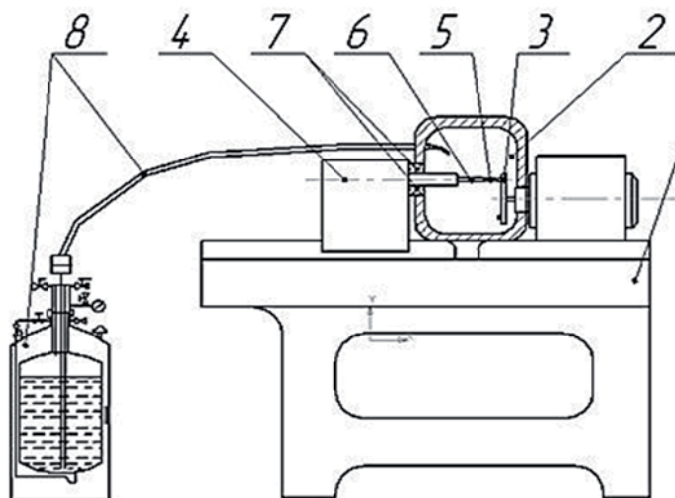


Рисунок 1 – Установка для получения порошка высокоскоростным способом (1 – рама; 2 – камера для сборки; 3 – шлифовальный круг; 4 – устройство подачи; 5 – заготовка; 6 – оправка; 7 – защитные элементы; 8 – устройство подачи жидкого азота в зону обработки)

Рассмотрим пример получения металлического порошка размером a от 0,7 мкм. до 3 мкм. из неодимового магнита, в качестве исходной заготовки использовали цилиндрический стержень длиной 100 мм. Заготовку закрепили в зажимном устройстве, соосно одной из абразивных головок. Частота вращения шлифовального круга 28 000 об/мин. [6]

В процессе получения порошка использовался шлифовальный круг, со встроенными абразивными головками, диаметром 12 мм. (рис. 2). [7]

После достижения круга заданной частоты вращения, заготовку охлаждают жидким азотом, который подается из криогенного резервуара, через термошланг, непрерывно, в течение всего процесса истирания (рис. 1). [8], [9]

Шлифовальный круг подают к заготовке до обеспечения контакта. Заготовка закреплена в зажимном устройстве соосно одной из абразивных головок (рис. 2).

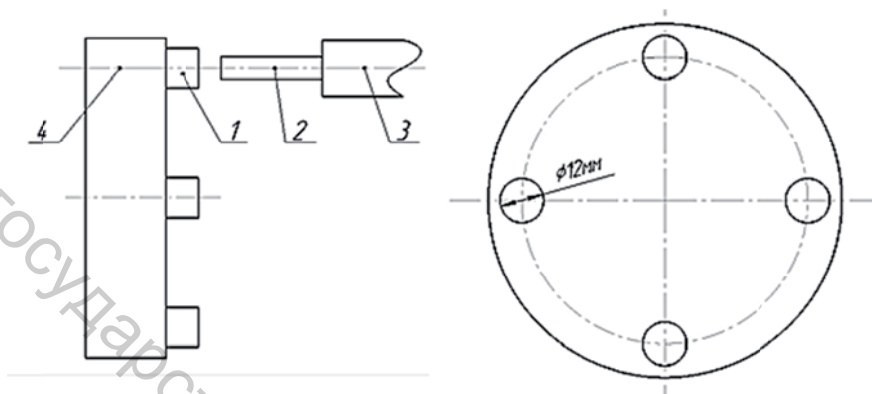


Рисунок 2 – Шлифовальный круг в сборе (1 – абразивная головка; 2 – заготовка; 3 – устество крепления заготовки; 4 – шлифовальный круг)

В результате чего происходит измельчение материала истиранием. Образующийся при истирании порошок остается в камере для сборки и хранения.

После истирания заготовки, устройство отключают, и измельченный материал извлекают из устройства для сбора. Полученный порошок имел средний размер частиц от 0,7 мкм до 3 мкм. (рис. 3).

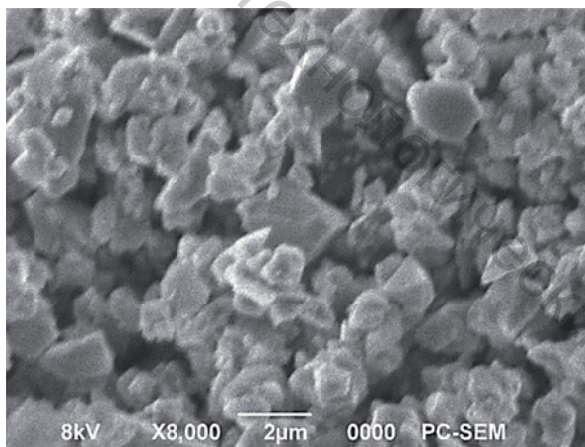


Рисунок 4 – Порошок многокомпонентного неодимового магнита полученный высокоскоростным способом

Представленный способ обеспечивает получение ультрадисперсного порошка из любого твердого материала, в том числе и многокомпонентного. Так же происходит уменьшение разброса размеров получаемых частиц и обеспечение возможности получения частиц менее 3 мкм, а добавление жидкого азота уменьшает вероятность возникновения высоких температур, возникающих при истирании на высоких скоростях, следовательно, отсутствует возможность возникновения пожароопасности в протекающем процессе.

Список использованных источников

1. А. с. 1112655 (СССР). Способ получения металлических порошков / Давыдович В. И., Яворовский Н. А., Лернер М. И., Крысин С. В. – 1984.
2. Порошковая металлургия. Материалы, технология, свойства, области применения: Справочник И.М. Федорченко, И.Н Францевич, И.Д. Радомысльский и др.; Отв. ред. И.М. Федорченко.- Киев: Наук. думка, 1985.- 624 с.

3. Патент – 2533622 РФ, МПК В82В 3/00. Способ получения ультрадисперсных порошков сплавов. / Новиков А.Н.; Общество с ограниченной ответственностью "НОРМИН"- № 2013144904/02; Заявл. 07.10.2013; Оpubл. 20.11.2014. - 6 с.
4. Изгородин А. Наноиндустрия и подготовка специалистов. – А. Изгородин, Г. Чистобородов ; - «В мире оборудования». - 5 (80). – 2008.
5. Патент – 146455 РФ, МПК В22F 9/04. Устройство для получения металлических порошков. / А.Ю. Попов, Д.С. Реченко, Ю.В. Титов, К.К. Госина, Р.У. Каменов; Омский гос. Техн. Ун-т. - № 2014119229/02; Заявл. 13.05.14; Оpubл. 10.10.14. Бюл. № 28. – 3 с.: ил. 1
6. Патент – 55665 РФ, МПК В24D 17/00. Шлифовальный круг для алмазно-абразивной обработки. / Д.С. Реченко, Ю.Р. Нуртдинов, А.Ю. Попов; Омский гос. Техн. Ун-т. - № 2006111080/22; Заявл. 05.04.06; Оpubл. 27.08.06. Бюл. № 24. – 2 с.: ил.
7. ГОСТ 2447-82 Головки шлифовальные. Технические условия.
8. Кисель А.Г. Реченко Д.С. Попов А.Ю. Титов В.Р. Получение ультрадисперсного порошка механическим методом с применением жидкого азота/НАНОТЕХНИКА. - №1 (37). – 2014. - С. 73-74.
9. Реченко Д.С. Кисель А.Г. Попов А.Ю. Титов А.В. Получение ультрадисперсного порошка ферромагнетиков на мельнице тонкого помола с охлаждением жидким азотом. /Омск: Изд-во ОмГТУ, 2013. – С. 165-168.

УДК 621.83

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ ПЛАНЕТАРНЫХ ЭКСЦЕНТРИКОВЫХ ПЕРЕДАЧ НА ОСНОВЕ ТРЕХМЕРНОГО КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Асс. Черняков С.Г., к.т.н., доц. Капитонов А.В.

Белорусско-Российский университет, г. Могилев

Для изучения кинематики планетарных эксцентриковых передач с модифицированными зубьями сателлита [1, 2] были построены трехмерные компьютерные модели для базовой и двух перспективных ее конструкций.

Трехмерное компьютерное моделирование проводилось в программной среде SolidWorks [3] с использованием модуля Motion.

Для указанных конструкций планетарных эксцентриковых передач были получены графики угловых скоростей ведомого вала при номинальной частоте вращения ведущего вала $n=1500 \text{ мин}^{-1}$ и работе передачи с небольшой нагрузкой, которая была приложена к ведомому валу для устранения зазоров в сопряжениях деталей передачи.

Полученные графики угловой скорости вращения ведомого вала исследуемой передачи изображены на рис. 1-3.

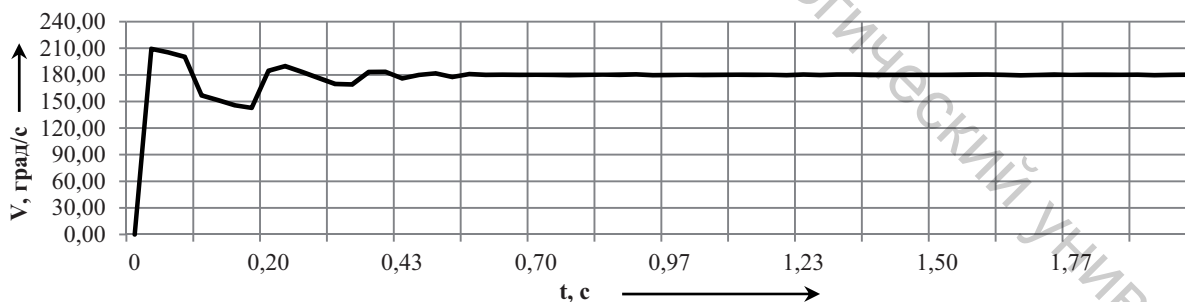


Рисунок 1 – График угловой скорости ведомого вала базовой модели редуктора

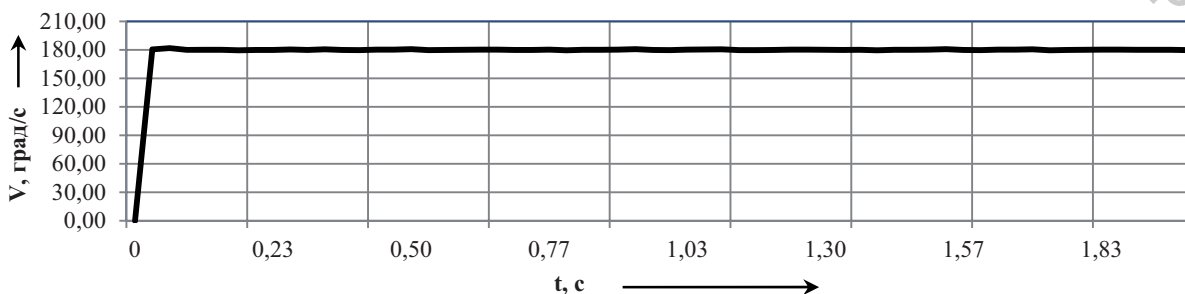


Рисунок 2 – График угловой скорости ведомого вала модели редуктора с эксцентриками