

ВЫСОКОДИСПЕРСНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОРОШКИ – ПОЛУЧЕНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЕ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ.

Л.А. Кузовникова¹, Е.А. Денисова², Чеканова Л.А.²

¹*Красноярский филиал Иркутского государственного университета путей сообщения,*

e-mail: ludmila@krw.ru ,

²*Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН*

Малые размеры частиц, развитая поверхность, химическая и диффузионная активность, пониженные температуры плавления, и, следовательно, температуры спекания делают высокодисперсные порошки перспективным объектом для получения спеченных порошковых и композиционных материалов.

Ансамбль малых частиц характеризуется теми свойствами, которые получает твердое тело при уменьшении его размеров. Различные физические свойства по отношению к характерным размерам малости обусловлены соизмеримостью вкладов поверхностного и объемного компонентов в свободную энергию частиц. Получение композиционных порошков представляющих собой сложную структуру (“ядро” состоит из одного элемента, оболочка, окружающее ядро из другого элемента) позволяет также вносить дополнительную энергию. Энергия вносится за счет взаимодействия между “ядром” и оболочкой. Это также приводит к изменению структурных и физических свойств: тепловых, магнитных и др. В связи с этим важным представляется установление связи между физическими свойствами малых частиц и особенностями их строения. В данной работе были получены высокодисперсные порошки Co/Cu и исследованы их структура и магнитные свойства. Высокодисперсные порошки $(Co_{88}P_{12})_{100-x}/Cu_x$ (концентрация меди изменялась в пределах от 20 до 90 ат. %), представляющие собой ядро аморфного сплава $Co_{88}P_{12}$, покрытого слоем нанокристаллической меди были получены путем химического осаждения кристаллической оболочки из меди на частицы аморфного $Co_{88}P_{12}$. Частицы порошка имели сферическую форму, размер большинства частиц составлял $(0,5 \div 1)$ мкм. Порошки были получены комбинированным методом химического осаждения, основанным на реакции восстановления металлов из водных растворов соответствующих солей.

Для определения атомной структуры образцов были проведены дифракционные исследования на дифрактометре ДРОН-3 с использованием $Cu K_{\alpha}$ излучения. Были исследованы основные (намагниченность насыщения M_0 , величина поля локальной анизотропии $\sqrt{D} H_a$) и интегральные (коэрцитивная сила H_c , величина резонансного поля H_r , ширина линии ФМР – ΔH)

магнитные характеристики полученных образцов. Исследования низкотемпературных и полевых зависимостей намагниченности насыщения $M(T)$ и $M(H)$ показали, что CoP/Cu порошки представляют собой мелкодисперсную смесь ферромагнитной и суперпарамагнитной фаз. Ферромагнитная фаза в случае композитных порошков с аморфным ядром характеризуется полем локальной анизотропии равным по величине 2,4 КЭ и практически не меняется при изменении концентрации меди. Намагниченность насыщения композитных порошков M_0 убывает монотонно с увеличением концентрации меди от 700 Гс до 66 Гс в ряду концентраций меди от 20 до 90 ат.%. Величина ΔH ФМР остается постоянной вплоть до 50 ат.%, при дальнейшем увеличении толщины слоя меди наблюдается резкое уменьшение значения ΔH ФМР с 3,0 КЭ для $(Co_{88}P_{12})_{50}/Cu_{50}$ порошка до 1,6 КЭ для частиц состава $(Co_{88}P_{12})_{10}/Cu_{90}$. Увеличение содержания меди свыше 60 ат.% приводит также и к изменению величины коэрцитивной силы. Так, если порошки $(Co_{88}P_{12})_{100-x}/Cu_x$ с $x < 60$ ат% характеризуются значением $H_c = 250$ Э, то при $x > 60\%$ значение H_c возрастает до 450Э.

Обработка ультрадисперсных порошков в мельницах различного типа (так называемый механохимический синтез или механическое сплавление) позволяет, изменяя величину энергонасыщенности системы, получать метастабильные фазы с уникальными свойствами, которые зачастую не реализуются при изготовлении сплавов другими методами. В частности, механическое сплавление (МС) осуществляется даже в системах с положительной энтальпией смешения, таких как сплавы Fe-Cu, Ag-Cu, Co-Cu. В данной работе в качестве исходных реагентов МС были использованы вышеназванные порошки композиционных частиц $(Co_{88}P_{12})_{100-x}/Cu_x$, представляющих собой ядро из сплава Co-P, покрытого слоем меди. Таким образом, еще до начала процесса механосплавления была сформирована обширная контактная поверхность, что должно было значительно ускорить процесс формирования метастабильного твердого раствора Co-Cu.

Действительно, сравнительное исследование МС пересыщенных твердых растворов из смесей порошков Co-P и Cu и композиционных порошков $(Co-P)_{100-x}/Cu_x$ показало, что механическое сплавление композиционных порошков с аморфным ядром протекает гораздо быстрее, чем аналогичных порошков, но с кристаллическим ядром, либо механических смесей порошков Co-P и Cu. Таким образом, основная «физико-химическая» причина ускорения процесса механосплавления порошков с композиционными частицами – это уже существующая в них обширная межфазная граница сплавляемых компонент и высокая энергонасыщенность одного из компонент.