

**В.Е. Гайшун, Д.Л. Коваленко, В.В. Васькевич, В.А. Черчук** УО  
«Гомельский государственный университет имени Франциска  
Скорины», Гомель, Беларусь

## **МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ**

### **Введение**

Разработка высококачественных материалов для базовых отраслей промышленности, а также производство новых материалов, сдерживается узкими рамками традиционных способов их производства. Это касается технологий материалов, основанных на физических процессах, например, плавлении и спекании, которые требуют применения высоких температур и давлений или условий вакуума. В условиях современного металлообрабатывающего производства уровень производительности и качества обработки определяется в первую очередь свойствами используемого инструмента. Разработанные в работе цитратные порошки оксидов применяются при синтезе сверхтвердых материалов из кубического нитрида бора. Полученные порошки выступают аналогом нанотрубок и позволяют уменьшить температуру и давление синтеза кристаллического нитрида бора [1, 2].

В работе для получения сверхтвердых материалов предполагается использование специальных добавок с целью управления процессом кристаллизации и спекания сверхтвердых материалов. Кроме того, методы формирования сверхтвердых материалов могут быть очень эффективны при получении новых материалов, таких как халькопириты.

### **1. Синтез ультрадисперсных порошков**

Разработанные к настоящему времени методы получения ультрадисперсных порошков весьма разнообразны, например: диспергационные методы и конденсационные методы. В работе для получения ультрадисперсных порошков использовали цитратный золь-гель метод. Требуемое количество солей металлов  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  растворяли в дистиллированной воде. В полученный раствор вводили лимонную кислоту и перемешивали, чтобы полностью растворить все соли полученные растворы помещали в ультразвуковую ванну. Для получения ультрадисперсных порошков очень важно контролировать уровень pH полученного раствора, который должен варьироваться в диапазоне от 7 до 8. Так как раствор кислотный, для достижения требуемого значения уровня pH в раствор добавляли концентрированный аммиак. После получения необходимого pH раствор помещался на электрическую плитку, для нагревания и испарения жидкости из раствора. Испарение производилось

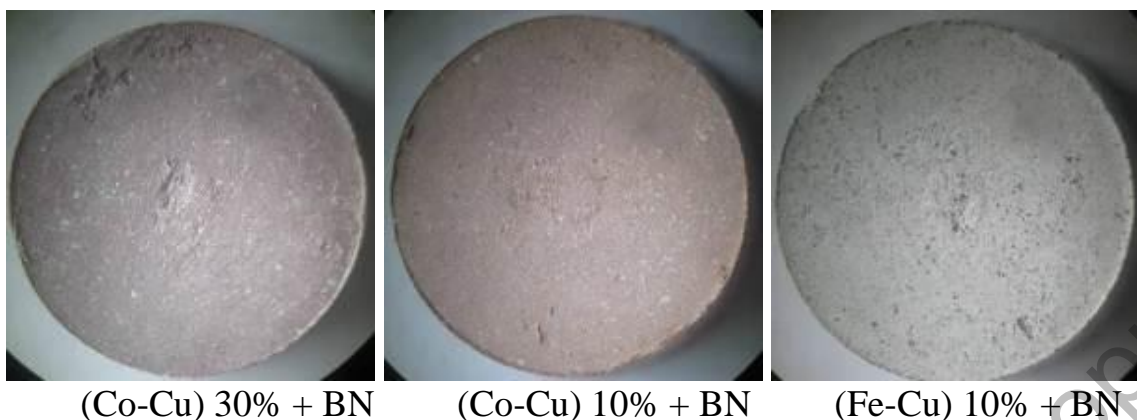
до тех пор, пока раствор не становился гелеобразным. После гелеобразования, раствор выливали в керамические тигли и помещали в муфельную печь для термообработки при температуре 800°C на протяжении 60 минут. В результате термообработки в тигле происходило формирования структур, состоящих из ультрадисперсного порошка. Внешний вид получаемых порошков представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Вид структуры порошков на основе оксидов Co-Cu и Fe-Cu

## 2. Формование заготовок композиционных изделий

Операция формования предназначена для придания заготовкам из порошков формы, размеров и механической прочности, необходимых для последующего изготовления изделий, обладающих комплексом заданных функциональных и механических свойств. Как правило, это может быть достигнуто приложением давления к заготовке тем или иным способом. Порошки сложных оксидов состоят, как правило, из высокодисперсных частиц, являются низкотекучими, обладают низкой пластичностью. При формовании из них заготовок, в частности, методом прессования, часто возникает потребность в применении пластификаторов или связующих веществ, обычно органической природы. В нашем случае мы использовали дистиллированную воду. Для формирования композиционных материалов в работе, использовался лабораторный гидравлический пресс ПЛГ-12. Полученные образцы ультрадисперсные порошков Co-Cu и Fe-Cu смешивали с порошком нитрида бора, полученную смесь увлажняли водой и помещали в пресс для формирования заготовок диаметром 12 мм. На рисунке 2 представлен внешний вид заготовок композиционных материалов.



(Co-Cu) 30% + BN

(Co-Cu) 10% + BN

(Fe-Cu) 10% + BN

Рисунок 2 – Заготовки композиционных материалов, содержащие ультрадисперсные порошки комплексного состава

Для формирования сверхтвердых материалов, последним этапом является обработка полученных заготовок в атмосфере азота под давлением более 5 атмосфер. Изготовленные образцы помещали в тигель из нержавеющей стали, который в свою очередь помещали в реактор. Выдержка в реакторе проводилась в течение 15 минут при температуре 1000 °С. После выдержки образцы охлаждались вместе с реактором.

### 3. Исследование твердости полученных композиционных материалов

В ходе выполнения работы была измерена твердость всех полученных образцов, а также сделаны детальные снимки их поверхности.

В таблице 1 представлены результаты измерения микротвердости по Виккерсу в полученных заготовках композиционного материала.

Таблица 1 – Результаты измерения микротвердости по Виккерсу

Используемая добавка	Микротвердости по Виккерсу, ГПа
без ультрадисперсного порошка	8,42
30 % ультрадисперсного порошка Co-Cu	8,99
10 % ультрадисперсного порошка Co-Cu	15,61
10 % ультрадисперсного порошка Fe-Cu	15,83

На рисунке 3 представлены снимки поверхностей полученных образцов с отпечатком алмазной пирамидки.

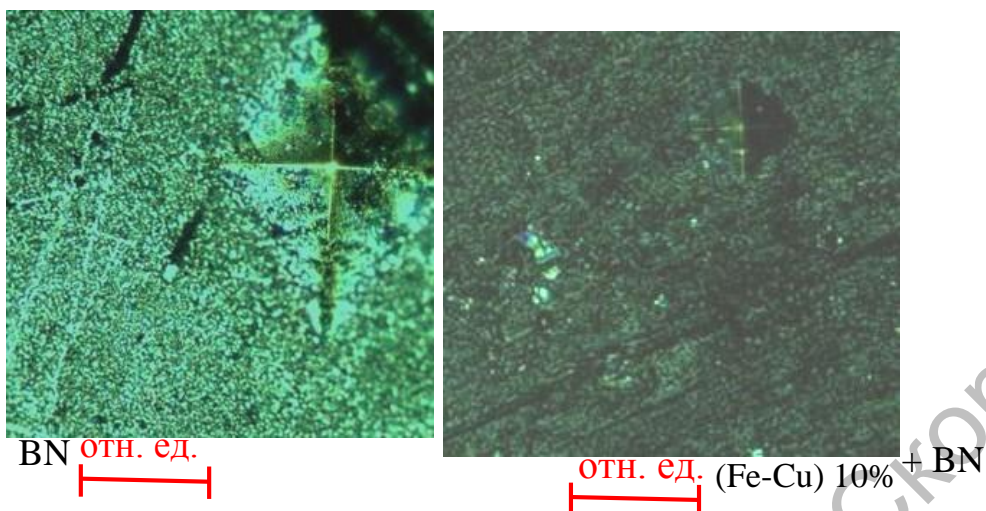


Рисунок 3 – Поверхности композиционного материала с отпечатком алмазной пирамидки

Результаты исследования показали, что самими твердыми являются композиционные материалы, содержащие в качестве армирующей фазы до 10 % ультрадисперсных порошков Co-Cu и Fe-Cu.

### **Заключение**

В работе представлены основные стадии получения порошков с использованием золь-гель метода. Установлено, что для синтеза структур, состоящих из порошков, необходимо, чтобы уровень pH

раствора был в диапазоне от 7 до 8. По описанной методике были сформированы образцы на основе гексагонального нитрида бора, содержащие ультрадисперсные порошки Co-Cu и Fe-Cu. Полученные образцы спекали при критических условиях ( $T = 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 5\text{ ГПа}$ ) в атмосфере азота. Установлено, что эффективное упрочнение обеспечивается при содержании армирующей фазы до 10 %, увеличение содержания армирующих ультрадисперсных порошков приводит к уменьшению твердости получаемых композиционных материалов.

### Литература

1. Старченко И.М., Жданок С.А., Буяков И.Ф. Заявка на патент U 20050377 «Армированный нанотрубками/нановолокнами термостойкий инструмент из сверхтвердого материала». Приоритет 23.06.2005.

2. Инструменты из сверхтвердых материалов / под редакцией Н.В. Новикова и С.А. Клименко. – Изд. 2-е, переработанное и дополненное. – Москва: Машиностроение, 2014. – 608 с.