

выделяется сфероид, связанный с базовой частицей перемычкой. В данных исследованиях ничего подобного зафиксировано не было.

Таким образом, частицы с расплавленным материалом матрицы являются своеобразными пульсирующими генераторами ультрадисперсных сфероидов. Кроме того, сравнительные исследования различных составов порошков в виде тугоплавких боридов и карбидов показали, что их измельчение в плазменном потоке происходит за счет дробления частиц (продуктов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза) и последующей сфероидизации образовавшихся более мелких частиц. В случае, если исходные материалы являются плотными и компактными (продукты печного синтеза), то уменьшение размера исходных частиц происходит только в процессе сфероидизации.

Выводы. Обнаружен и изучен механизм диспергирования оксидных микрокомпозитов в плазменном потоке, названный «импульсное деление».

Показано влияние размера исходных частиц и мощности плазменного генератора на эффективность измельчения порошка.

Предложенный метод диспергирования можно использовать для получения полидисперсных порошков, в том числе ультрадисперсных и наноразмерных со сферической формой частиц; с аморфной, кристаллической и аморфно-кристаллической структурой.

УДК 536.46:534.29:549.2

## **МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБРАЗЦОВ БОРИДОВ ТИТАНА, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ СВС С НАЛОЖЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ**

В.В. Клубович академик, д-р техн. наук, проф.,  
М.М. Кулак канд. техн. наук, Л.Л. Платонов  
ГНУ Институт технической акустики НАН Беларуси,  
(г. Витебск, Республика Беларусь)

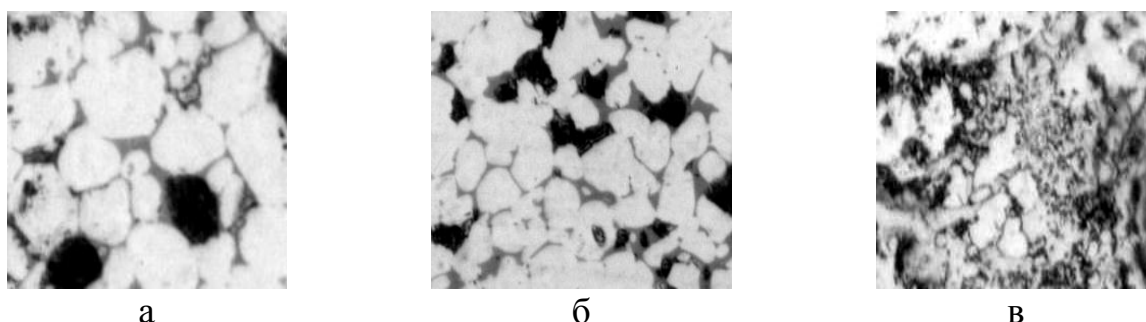
Возрастающий интерес к материалам с улучшенными физико-механическими свойствами требует поиска новых способов их получения и развития существующих. Экстремальные условия, характеризующие процесс самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) химических соединений (температура синтеза – до 400 °С, скорость подъема температуры  $10^3$ – $10^6$  К/сек, скорость горения 0,1–10 см/сек, одновременное протекание химического превращения и структурообразования) влияют не только на химический и фазовый состав образующихся продуктов, но и на морфологию и размер частиц.

В работе приведены данные металлографических исследований многофазной системы титан–бор. Система титан–бор характеризуется наличием большого числа фаз, и в зависимости от состава шихты, возможно, получать как моно, так и многофазный конечный продукт. Поэтому исследование процесса горения и

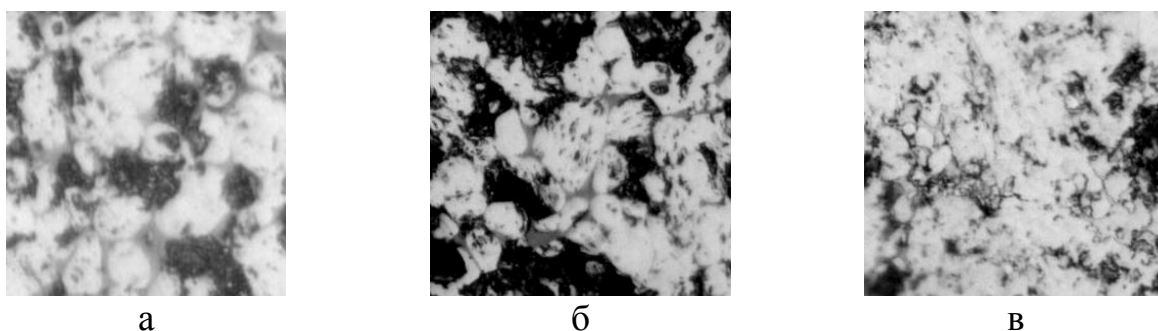
структурообразования такой системы при ультразвуковом воздействии представляет как научный интерес, в плане исследования влияния ультразвука на механизм горения и структурообразования получаемого продукта, так и практический, как способ активного влияния его на структуру и фазовый состав получаемых материалов.

Металлографический анализ проводили на растровом электронном микроскопе РЭМ – 100У.

На рисунке 1 (а, б, в) представлена микроструктура образцов, синтезированных в обычных условиях без наложения УЗК на процесс горения, а на рисунке 2 – с наложением УЗК на процесс синтеза.



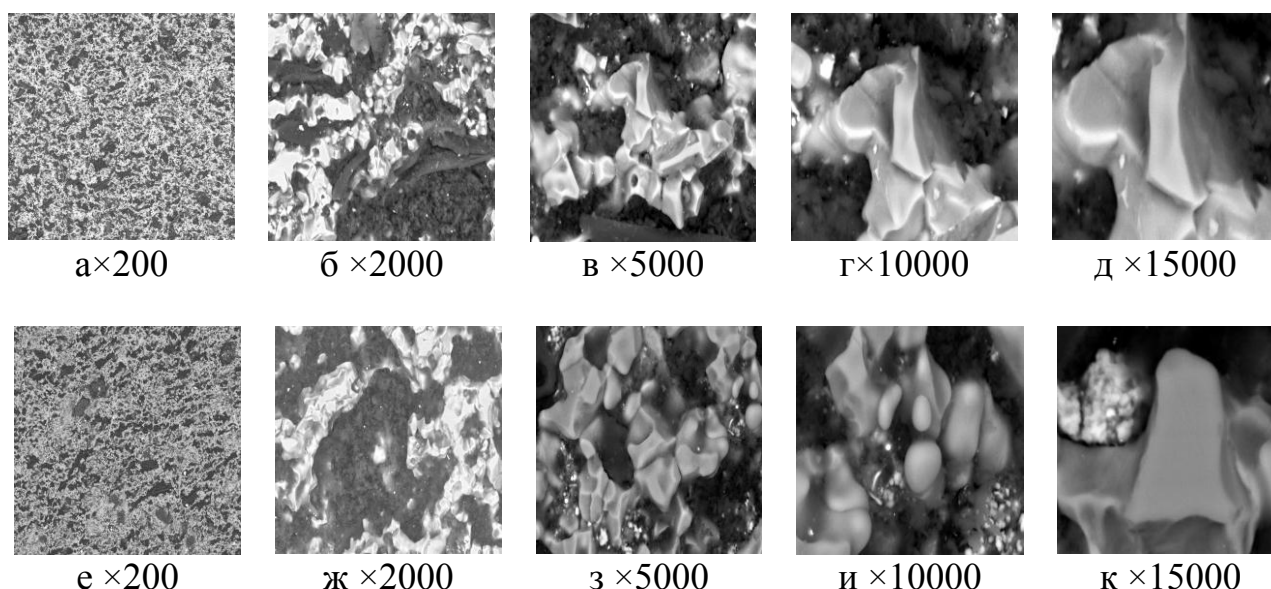
**Рисунок 1 – Микроструктура образцов**  
 $Ti + B$  (а),  $Ti + 2B$  (б),  $Ti + 2,25B$  (в)  $\xi = 0$  мкм,  $\times 1500$



**Рисунок 2 – Микроструктура образцов**  
 $Ti + B$  (а),  $Ti + 2B$  (б),  $Ti + 2,25B$  (в)  $\xi = 5$  мкм,  $\times 1500$

На всех исследуемых составах смеси  $Ti + B$ ,  $Ti + 2B$ ,  $Ti + 2,25 B$  видим крупные четкие зерна фазы  $TiB_2$ , размер которых уменьшается от 22 мкм до 18 мкм при увеличении содержания бора в смеси. На рисунках 1 (а) и 2 (а) видны мелкие зерна округлой формы – фазы титана.

На рисунке 3 представлена микроструктура образца состава  $Ti + B$  с различной кратностью увеличения (а, б, в, г, д без наложения УЗК –  $\xi=0$  мкм; е, ж, з, и, к с наложением УЗК –  $\xi = 5$  мкм).



**Рисунок 3 – Микроструктура образцов состава Ti + B**  
(а, б, в, г, д –  $\xi = 0$  мкм, е, ж, з, и, к –  $\xi = 5$  мкм)

Наложение ультразвуковых колебаний на процесс синтеза приводит к изменению морфологии зеренной структуры, что проявляется в изменениях как размера (от 12–14 мкм до 8–10 мкм, так и формы зерен. Увеличивается однородность зерен по размерам в конечных продуктах синтеза. Форма зерен становится округлой, а структура зерен более равноосна.

Таким образом, на основании металлографических данных можно утверждать, что увеличение содержания бора в исходной шихте приводит к измельчению зеренной структуры синтезированных образцов, а воздействие ультразвуковых колебаний на СВС–процесс приводит к уменьшению величины зерна образующихся боридов.

УДК 620.22:538.975

## **НАНОКОМПОЗИЦИОННЫЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ФТОРСОДЕРЖАЩИХ МАТРИЦ**

Н.А. Антанович, Е.В. Овчинников, канд. техн. наук,  
В.А. Лиопо, д-р физ.-мат. наук,  
С.В. Авдейчик, канд. техн. наук, В.В. Андрикевич  
УМЦ «Промагромаш» ОАО «Белкард» (г. Гродно, Беларусь),  
ЗАО «Солигорский институт проблем ресурсосбережения  
с опытным производством» (г. Минск, Беларусь)

Особенности структуры фторсодержащих матриц обуславливают характерный механизм трения и изнашивания композитов на их основе, представляющий собой результат совокупного действия триботехнических, теплофизических, структурных, морфологических факторов, действующих на припо-