

# ОСОБЕННОСТИ МЕХАНОСИНТЕЗА КАРБИДОВ И БОРИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Савяк М.П.

Институт проблем материаловедения НАН Украины им. И.М.Францевича,  
Кржижановского 3, Киев, 03142 Украина, e-mail:saviak@ipms.kiev.ua

В литературе собралось много материала по механосинтезу тугоплавких соединений. Однако каких либо закономерностей образования тугоплавких соединений при механосинтезе не установлено. В работе представлены данные по механосинтезу карбидов и боридов Ti, Zr, Hf, Cr, Mo, что позволяет провести сравнительный анализ карбидо и боридообразования при механосинтезе в зависимости от структуры исходных элементов.

**Методика эксперимента.** Размол проводили в среде аргона в планетарной мельнице АИР-015М, в которой можно достичь ускорения центробежного поля 45g при скорости вращения водила 735 об/мин., и скорости вращения барабанов 1840 об/мин. Соотношение количества стальных шариков и размалываемого порошка составляло 20:1. Рентгенофазовый анализ проводили на установке ДРОН в медном K $\alpha$  излучении

## Результаты эксперимента.

Для сравнения выбраны металлы четвертой группы (Ti, Zr, Hf), которые имеют гпу решетку и шестой группы (Cr, Mo, W) которые имеют оцк решетку. При помоле порошков металлов четвертой группы с бором и углеродом химические соединения образуются скачкообразно за очень короткое время размола. Таким образом получены нанодисперсные порошки TiC, TiB<sub>2</sub>, ZrC, ZrB<sub>2</sub>, HfC, HfB<sub>2</sub>. Карбид титана, циркония можно получить в течение 12 минут размола, а борид титана, циркония в течение 7 минут размола. Исходя из полученных дифракционных картин и интерпретации их с помощью метода Ритвелда, мы предлагаем следующую схему структурных превращений при размолу порошков переходных металлов четвертой группы с бором или углеродом. На начальном этапе размалывания углерод внедряется в решетку металла и образует растворы внедрения, а бор образует растворы замещения, вызывая значительные искажения и напряжения. При достижении определенных предельных значений напряжений происходит фазовый переход путем коллективных

перемещений, в результате чего эти напряжения снимаются и фазы, которые в результате образуется (MeC, MeB<sub>2</sub>) имеют незначительные искажения. Фазовый переход путем коллективных перемещений возможен при бездиффузионных переходах если наблюдается соответствие между плотно упакованными плоскостями. В нашем случае существует соответствие между плоскостью Me (002) и карбида MeC (111), а также Me (002)  $\rightarrow$  MeB<sub>2</sub> (001). Переход Me  $\rightarrow$  MeB<sub>2</sub> приводит к образованию фаз с большим коэффициентом заполнения пространства.

Переходные металлы шестой группы Cr, Mo имеют оцк структуру. Методом размола в планетарной мельнице смеси хрома и углерода можно получить наночастички однофазного карбида Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> в течение 90 минут. Процессу образования карбида предшествует аморфизация исходных компонентов. Увеличение времени размола до 90 минут или же низкотемпературный отжиг при 600°C приводят к образованию наночастиц Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>. Механосинтез в системе Mo-C приводит к получению смеси карбидов MoC и Mo<sub>2</sub>C. Смесь боридов CrB<sub>2</sub>, CrB, Cr<sub>5</sub>B<sub>3</sub> получается при размолу в планетарной мельнице порошков хрома и бора. Образование большого количества фаз указывает на зародышевый механизм образования как карбидов молибдена так и боридов хрома. Таким образом при помолу порошков переходных металлов IV группы которые имеют гпу структуру с углеродом и бором в планетарной мельнице за счет ударных нагрузок и деформаций сдвига можно создать условия для образования наноразмерных, искаженных порошков твердых растворов со следующим кристаллографическим превращением путем коллективных сдвигов, что приводит к образованию структур с самой высокой плотностью упаковки MeC и MeB<sub>2</sub>. При помолу порошков переходных металлов шестой группы с углеродом и бором в планетарной мельнице образование тугоплавких соединений происходит через образование зародышей новой фазы.