

Образование борированной углеродной пены при паровом взрыве смеси жидких бора и углерода

*Башарин А.Ю.*¹

a.basharin@jiht.ru

¹ ОИВТ РАН, Москва, Россия

Жидкий углерод (*l/c*) это самая высокотемпературная из известных на настоящий момент жидкостей. Его температура выше 4800 К на сотни градусов превышает температуры плавления и кипения большинства конденсированных веществ. Смешение *l/c* с такими жидкостями должно приводить к паровому взрыву. Исключения составляют вольфрам, рений, осмий и тантал. Температуры кипения этих металлов превышают температуру плавления графита. Известно, что ударная волна, возникающая при паровом взрыве, охлаждает и фрагментирует высококипящую жидкость, которая затвердевает в виде пены.

Вообще до сих пор формированию пен при паровом взрыве в химически реагирующих жидких смесях не уделялось достаточного внимания, так же как и использованию этого явления для получения и модифицирования материалов. Актуальность исследования парового взрыва в жидком углероде диктуется потребностью в легированных углеродных пенах для задач сверхпроводимости, магнетизма и электрохимии. Оно представляет интерес с точки зрения поиска путей практического применения *l/c*.

В настоящей работе были получены и исследованы образцы легированных углеродных пен при прохождении ударных волн по смеси *l/c* и жидкого бора. В модельном эксперименте капля *l/c* капала на порошок аморфного бора. Было обнаружено, что низкокипящий жидкий бор в зоне смешения с *l/c* вскипал по сценарию парового взрыва и фрагментировал жидкий углерод. По данным просвечивающей микроскопии высокого разрешения затвердевшая пена была наноструктурирована. По данным электронной спектроскопии она представляла собой твердый раствор замещения атомов углерода в онионоподобной решетке графита.

Структурообразование в зоне смешения жидкостей коренным образом отличалось от процессов в капле жидкого углерода вне зоны смешения. В этой зоне пар бора, разлетающийся из зоны высокого давления в зоне смешения, растворялся в *l/c* и реагировал с ним, образуя высокоупорядоченный графит и монокристаллы карбида бора по реакции $4B(r) + C(ж) = B_4C(ж)$.

Таким образом, в ударной волне охлаждения происходит сверхбыстрое охлаждение жидкого углерода от температуры 4800 К ниже температуры образования B_4C (около 1850 К), что тормозит реакцию карбидизации в зоне смешения. Это открывает возможность для прямого борирования решетки графита в этой зоне, как более низкотемпературного процесса. Образование онионов, вместо плоских решеток графита можно объяснить высоким давлением пара бора в зоне синтеза.

Автор выражает благодарность Васильеву А.Л. и Преснякову М.Ю. за препарирование экспериментальных образцов методом ФИП и их исследования методами ПЭМ ВР.