Нано- и микрокристаллический алмаз из метеоритов: сравнение с синтетическими алмазами

Литасов К.Д. [1] , *Бражкин В.В.* [1]

litasov@hppi.troitsk.ru
[1] ИФВД им. Л.Ф. Верещагина, Троицк, Москва, Россия

В метеоритном веществе алмаз ударного происхождения найден в большом количестве в урейлитах – специфической группе ахондритов, состоящих из оливина и пироксена с большим количеством интерстиционных углеродных агрегатов (до 6-8 мас.%), участков подплавления и следовыми количествами Fe-Ni-металла (до 1-2 мас.%). Углеродные агрегаты могут быть как чисто графитовыми, так и состоящими из нанокристаллического алмаза или алмаз-лонсдейлит-графитовых сростков. Вместе с тем, во многих агрегатах размер кристаллов алмаза может достигать десятков мкм. Самый крупный алмаз до 100 мкм найден в урейлите Northwest Africa 7983 [1]. Находки крупных кристаллов в десятки мкм позволили выдвинуть гипотезу глубинного происхождения алмаза в урейлитах и кристаллизации в статических условиях при PT-параметрах, сходных с таковыми для земных алмазов из кимберлитов (>6 ГПа, 1300-1500 °C). Тем не менее, явные следы ударного происхождения урейлитов не позволяют считать эту гипотезу заслуживающей внимания. Кристаллизация алмаза в урейлитах возможна в результате воздействия пиковых давлений после прохождения ударной волны, время которого может достигать нескольких секунд при условии крупного размера сталкивающихся тел.

Существует определенное сходство между алмазными агрегатами из урейлитов и наноалмазами, получаемыми в эксперименте по методу импульсного синтеза в присутствии металлического катализатора или кратковременного синтеза наноалмаза из органических соединений. Методика импульсного синтеза нанокристаллического алмаза была отработана в ИФВД еще в 1960-х годах. Стандартная загрузка опыта представляла стержень металла-катализатора, окруженного графитовой заготовкой, капсулой изолятором и графитовым нагревателем. Наиболее качественный синтез происходил при использовании катализатора $Ni_{80}Cr_{20}$. В результате наших экспериментов при 8 ГПа и 1600-2000 °C были получены образцы «карбонадо» с использованием Ni-Cr, Fe-Ni и Fe-Co катализаторов. Синтез идет очень быстро, и полная трансформация графитовой заготовки в алмаз происходит в течение от долей секунды до нескольких секунд. При использовании Ni-Cr катализатора получаются достаточно однородные агрегаты «карбонадо» с размером зерна алмаза не более 1 мкм, при этом вблизи катализатора размер зерен достигает нескольких мкм.

Таким образом, вариации зернистости алмаза в урейлитах от нано- до микрокристаллических можно объяснить кристаллизацией в едином ударном процессе. В присутствии катализатора рост кристаллов идет заметно быстрее и вместо наноалмазов успевают кристаллизоваться алмазы с размером зерна в десятки мкм. В участках образца без катализатора формируются наноалмазы с размером зерна в несколько нм.

Ссылки

F. Nestola, C.A. Goodrich, M. Morana, A. Barbaro, R.S. Jakubek, O. Christ, F.E. Brenker, M.C. Domeneghetti, M.C. Dalconi, M. Alvaro, A.M. Fioretti, K.D. Litasov, M.D. Fries, M. Leoni, N.P.M., Casati, P. Jenniskens, M.H. Shaddad, Proc. Natl. Acad. Sci. (2020), 117, 25310–25318.