

Роль неалмазного углерода в формировании структуры и свойств композита Алмаз-SiC

Богданов С.П.^{1,2}, Долгин А.С.², Сычев М.М.^{1,2}, Христюк Н.А.¹, Трофимук А.Д.³,
Прилежаев К.С.^{1,3}

kirill.prilezhaev@gmail.com

¹ Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Санкт-Петербург, Россия.

² Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова, Санкт-Петербург, Россия.

³ Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург, Россия.

Композиты алмаз-карбид кремния изготавливают в вакууме при температурах 1450-1650 °С, путем пропитки жидким кремнием пористой алмазной заготовки. Высокие температуры приводят к наружной и внутренней графитизации алмаза. Наружный слой реагирует с Si и превращается в SiC. Внутренней же графитизации (которая происходит вследствие наличия примесей) в литературе уделено мало внимания. Кроме того, иногда к заготовке (помимо связующего) добавляют и другие виды углерода (графит, сажа и т.д.) [1].

Исследование границы раздела фаз, в изготовленных нами композитах алмаз-SiC, выявило, что на гранях {111} кристаллов алмаза 250-200 мкм. образуется прочный когерентный слой 3C-SiC. На гранях {100} образуется гексагональный 6H-SiC со слабой адгезией. На неограниченных поверхностях алмаза образуется мелкодисперсный карбид кремния. Слой SiC вокруг алмазов останавливает диффузию кремния. Добавка графита (более реакционноспособного), решает эту проблему, но снижает долю алмазной фазы, что ведёт к ухудшению свойств композита. Добавление мелкодисперсных алмазных порошков увеличивает долю алмаза, но ухудшает фильтрацию кремния из-за малого размера пор. Нанесение же пироуглеродного покрытия на крупные алмазные частицы способствует улучшению механических свойств матрицы за счёт усиления адгезии, глубины когерентного слоя и увеличения ширины переходной зоны мелкодисперсного SiC.

Внутри крупных кристаллов, после термообработки, растут графитовые включения, видимые в оптический микроскоп (рис.). Измерение смещения алмазного пика по методике [2] показывает появление напряжений порядка 0,2 ГПа, что разупрочняет зёрна и сам композит. Прочность кристаллов зернистости 250/200 мкм в композите падает на 40% по сравнению с прочностью исходного сырья (с 280 до 170 Н/зерно). Таким образом, для улучшения свойств композитов алмаз-SiC, рекомендуется плакировать гладкие грани алмаза пироуглеродом, подбирать оптимальный состав алмазных частиц разной дисперсности, внутреннюю графитизацию купировать использованием алмазного сырья с повышенной термостойкостью.

Исследование выполнено за счёт Гранта Российского научного фонда №25-13-00419.



Рисунок - графит внутри алмаза зерн. 250/200 мкм. после нагрева. 1200 °С, 2 ч., аргон

Ссылки

1. M. Herrmann, B. Matthey, S. Höhn, I. Kinski, D. Rafaja, A. Michaelis, J. of the Eur. Cer. Soc. (2012), Vol.32, 1915
2. V.G. Ralchenko, A.A. Smolin, V.G. Pereverzev, E.D. Obratsova, K.G. Korotoushenko, V.I. Konov, Yu.V., DRM (1995), Vol.4, 754