

Траектории снижения давления и температуры в технологии синтеза алмазов HPHT, оптимальные для их сохранения

Алексеев Н.И.^{1,2}, Колядин А.В.³, Орешко И.В.¹, Соломникова А.В.¹

NIalekseyev@yandex.ru

¹ СПбГЭТУ “ЛЭТИ”, 197022, Санкт-Петербург, Россия

² ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

³ НПК “Алмаз”, 197706 Санкт-Петербург, Россия

Обладая исключительными прочностными свойствами, алмаз весьма хрупок. Поэтому часть алмазов, выращенных по технологии HPHT, растрескивается при ослаблении экстремальных условий, присущих росту. Причина растрескивания – недостаток пластических свойств ростовой среды алмаза на тех или иных этапах снижения давления p и температуры T .

При этом состав и свойства ростовой каталитической среды не известны сколь-либо достоверно. Тем более нет возможности диагностировать сохранность алмазов до достижения нормальных условий. В данной работе пластические свойства ростовой среды предполагаются схожими со свойствами расплава чугуна.

Теоретически рассматриваются возможности минимизации механических напряжений в ростовой ячейке и, соответственно, алмазе, при оптимальном выборе траектории снижения давления и температуры от ростовых условий до нормальных. В качестве базовой модели выбрана модель пластичности и разрушения, разработанная С.Н. Журковым и его последователями.

При этом напряжение $\sigma_{Zh} = U_0/\gamma$, выражаемое через параметры основной формулы теории Журкова: $\tau_{relax} = \tau_0 \exp((U_0 - \gamma\sigma(p, T))/T)$, соотнесено нами с пределом пластичности материала катализатора $\sigma_T(p, T)$, который строится обобщением литературных экспериментальных данных. Кривая и очерченная ею область, построенные таким образом, названы нами кривой и областью активированной пластичности. Траектории снижения p , T , оптимальные для неразрушения материала катализатора, должны обходить данную область. Траектории, частично проходящие внутри неё, допустимы, но согласно обоснованными нами критериям, должны удовлетворять ряду условий. В частности, на начальном этапе снижения параметров (p , T) ускоренно должна снижаться температура при слабо меняющемся давлении. а при приближении траектории снижения к области упругого поведения при давлении около 1 GPa, давление должно снижаться, напротив, быстрее, чем T . Более подробно эти критерии сформулированы нами в [1].

В развитие данной работы рассмотрение дополнено анализом прочностной задачи для изолирующего контейнера, содержащим внутри себя ростовую ячейку и фрагмент нагревательной цепи. Приведена статистическая обработка результатов, полученных с применением рассчитанной динамики снижения параметров p, T либо без её использования, а полученных на основе интуитивных схем.

Благодарности

Исследование проводилось в рамках проекта № FSEE-2024-0005 (государственное задание Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-00003-24-00)

Ссылки

1. Alekseyev, N.I.; Broyko, A.P.; Khmel'nitskiy, I.K.; Kolyadin, A.V.; Aivazyan, V.M.; Oreshko, I.V. Temperature- and Pressure-Reducing Regimes in the Growth Cell of HPHT Diamonds, Optimal for Preserving Crystal Integrity after Growth Completion. С 2023, 9, 52