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 $\sigma Zh=U0/\gamma$, выражаемое через параметры основной формулы теории Журкова: $\tau relax=\tau 0\exp((U0-\gamma\sigma(p,T))/T)$, 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.; Khmelnitskiy, 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. C 2023, 9, 52