
А.И. Лаптев
А.А. Ермолаев

Алмазные поликристаллические материалы

Механизм и кинетика синтеза
поликристаллического алмаза

Учебное пособие

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

№ 20

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ СТАЛИ
И СПЛАВОВ

МИСиС



Кафедра высокотемпературных процессов, материалов
и алмазов

А.И. Лаптев

А.А. Ермолаев

Алмазные поликристаллические материалы

Механизм и кинетика синтеза
поликристаллического алмаза

Учебное пособие

Рекомендовано редакционно-издательским
советом университета

Москва Издательство «УЧЕБА» 2008

УДК 666.233
Л24

Рецензент
д-р техн. наук *В.И. Бугаков (ИФВД РАН)*

Лаптев А.И., Ермолаев А.А.

Л24 Алмазные поликристаллические материалы: Механизм и кинетика синтеза поликристаллического алмаза: Учеб. пособие. – М.: МИСиС, 2008. – 64 с.

В учебном пособии рассмотрены особенности кинетики синтеза алмазных поликристаллов. Всесторонне рассматривается вопрос распространения металла-катализатора по объему графита при высоких давлениях и температурах; предложен оригинальный механизм проникновения жидкого металла в графит в процессе образования поликристаллических алмазов. Большое внимание уделено каталитическому синтезу алмазов и существующим представлениям о механизме образования алмаза в области его термодинамической стабильности. Отдельная глава посвящена оригинальной трактовке формирования структуры синтетического поликристаллического алмаза.

Соответствует государственному образовательному стандарту дисциплины «Алмазные поликристаллические материалы».

Предназначено для студентов пятого курса, обучающихся по специальности 150701 «Физико-химия процессов и материалов».

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Кинетика образования поликристаллического алмаза.....	6
2. Механизм проникновения металла-катализатора в объем графитовой заготовки в процессе образования поликристаллических алмазов типа карбонадо	17
3. Механизм образования алмаза	27
3.1. Методы синтеза алмазов	27
3.2. Синтез алмаза с использованием катализаторов в области его термодинамической стабильности	31
3.3. Особенности образования алмаза из различных углеродсодержащих материалов	33
3.4. Существующие представления о механизме образования алмаза в области его термодинамической стабильности.....	40
4. Особенности образования поликристаллических алмазов.....	50
5. Формирование структуры синтетического поликристаллического алмаза	56
Библиографический список	61

ВВЕДЕНИЕ

К настоящему времени в области синтеза алмаза при высоких и низких давлениях накоплен обширный экспериментальный материал. Определены условия получения алмаза при использовании различных углеродных материалов с различными катализаторами и без них, изучено влияние давления, температуры, химического состава на синтез алмаза, его морфологию, структурные, физические, механические и другие свойства. В то же время в трактовке механизма образования как монокристаллического, так и поликристаллического алмаза остается много неясного.

В работе [1] на основе обобщения экспериментального материала по синтезу алмаза в области его термодинамической стабильности сформулированы следующие закономерности, которые представляют интерес и по настоящее время.

1. Превращение графита в алмаз происходит трансформацией графитовой структуры в алмазную. Углеродный материал с плохо организованной кристаллической структурой должен быть графитирован.

2. Образование алмаза при давлении ниже 11 ГПа является каталитическим и быстрым процессом.

3. Атомы металлов-катализаторов, возможно, образуют нестойкие соединения с углеродом либо внедряются в межплоскостные промежутки графита, тем самым способствуя превращению его в алмазную структуру.

4. Превращение графита в алмаз может происходить в зависимости от давления и температуры как в твердой фазе, так и через раствор с особыми свойствами.

5. Только те металлы могут служить катализаторами процесса через раствор, которые в расплавленном состоянии способны растворять углерод так, чтобы наряду с атомарным углеродом в нем присутствовали микрогруппировки с графитовой структурой.

Авторы этой работы каталитический процесс образования алмаза в области его термодинамической стабильности рассматривают как особый процесс, имеющий уникальную природу, без учета накопившегося экспериментального и теоретического материала по образованию алмаза при других кинетических и термодинамических условиях.

Образование поликристаллического алмаза характеризуется рядом особенностей. Например, при синтезе балласов с использовани-

ем различных сортов графита растущий поликристалл наследует морфологические особенности углеродного материала. Образование и рост поликристаллов алмаза происходит со скоростями, значительно превышающими скорости получения порошков и монокристаллов. Время образования поликристалла диаметром 6 мм составляет 15...30 с.

При рассмотрении механизма синтеза алмаза вопросу транспорта металла-катализатора в зону превращения графит – алмаз уделяется недостаточно внимания. Известно, что растущий алмаз покрыт пленкой расплава-катализатора. Но, поскольку при синтезе порошков и монокристаллов алмаза количество расплава-катализатора сравнимо с количеством исходного графита и он находится в непосредственной близости от зоны алмазообразования (либо послойное снаряжение, либо гомогенная смесь порошков), вопрос транспорта расплава не имеет существенного значения.

В процессе образования алмазного поликристалла исходный сплав-катализатор отделен от зоны реакции на несколько миллиметров, поэтому вопрос транспорта его в зону реакции в процессе образования поликристаллических алмазов играет важную роль. Этой стадии образования поликристалла, по нашему мнению, уделяется недостаточное внимание. Поэтому в данном пособии рассмотрен механизм образования поликристаллического алмаза в кинетическом аспекте, определены пути транспорта сплава-катализатора в зону реакции графит – алмаз, и далее механизм образования алмаза.