

Минбаева Б.Д.

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПРИМЕСИ Ni В СИНТЕТИЧЕСКОМ АЛМАЗЕ ТИПА КАРБОНАДО

B.D. Minbaeva

LASER RADIATION INFLUENCING Ni ADMIXTURES IN SYNTHETIC DIAMOND OF TYPE CARBONADO

УДК: 535.211

Приведены результаты исследований влияния лазерного облучения на примеси никеля синтетического поликристаллического алмаза. Получено, что содержание никеля увеличивается при времени лазерного облучения от 15 до 30 сек., а при дальнейшем возрастании времени лазерного воздействия уменьшается.

The results of researches, presented in this article, about laser radiation influence on Nickel admixtures in synthetic poly-crystal diamond have shown that the Nickel content increases when the time of laser radiation is 15 to 30 seconds, at longer laser radiation the Nickel content decreases.

В настоящее время лазерное излучение осуществлено в широком диапазоне частот от ближнего ультрафиолетового до инфракрасного – светового диапазона частот. Процессы взаимодействия лазерного излучения с поликристаллами синтетического алмаза типа карбонадо (АСПК) связана со специфическими свойствами лазерного излучения такими, как его когерентностью, направленностью, монохроматичностью, малой длительностью и высокой интенсивностью. Последнее обуславливает большое число разнообразных эффектов, связанных именно с поглощением лазерного излучения макроскопической конденсированной непрозрачной средой. Изменения, происходящие в структуре и фазовом составе АСПК, представляют наибольший интерес, как с фундаментальной, так и с прикладной точек зрения.

В данной работе приводятся результаты исследований по влиянию лазерного излучения на структуру включений никеля, присутствие которого в АСПК обусловлено технологией его получения.

Получение, подготовка образцов и методика исследований. Исследованы синтетические поликристаллические алмазы типа карбонадо (АСПК). Алмазы типа АСПК имеют цилиндрическую форму. Диаметр АСПК составляет ~4 мм, а высота-3÷5 мм. Внутреннее строение имеет радиально-лучистый характер.

Порошкообразные образцы для исследований получались дроблением АСПК. Механическое дробление синтетических

алмазов - одна из основных и наиболее ответственных технологических операций в процессе изготовления алмазных порошков заданных зернистостей. Нами для дробления поликристаллических алмазных образований использовался способ дробления, основанный на принципе объёмного сжатия. Классификация порошков поликристаллического алмаза по зернистости проводилась на виброситах с эксцентриковым механизмом вибрации. Основная фракция порошка, которая определяет его зернистость, составила 70-80 %. Для исследований были отобраны порошки АСПК зернистостью 315/250, 200/160 и 100/80 мкм. Для визуального наблюдения использовался микроскоп МИКРО 200Т-01. Исследуемые порошки АСПК на примере зернистости 100/80 мкм показаны на рис. 1.

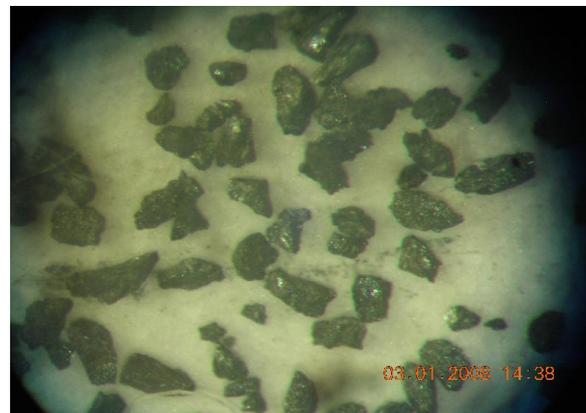


Рис. 1. Исходные порошки АСПК зернистостью 100/80мкм.

Из рис.1 видно, что поверхности порошков АСПК обладают некоторой отражательной способностью.

Для облучения поликристаллов синтетического карбонадо источником излучения служил твердотельный лазер, работающий в непрерывном режиме, мощностью 39 Вт, генерирующий на длине волны 1,06 мкм. Время экспозиции варьировалось от 3 до 60 сек.

Количественный фазовый рентгеноструктурный анализ на металл-катализатор

(никель) проводили по методу, основанному на сравнение интегральной интенсивности спектральных линий определяемых фаз - алмаза и никеля [1]. Для съемки рентгенограммы использовалась рентгеновская установка ДРОН-2.

Результаты экспериментов и их обсуждения.

На рисунке 2 показаны порошки АСПК зернистостью 100/80мкм после воздействия на них лазерного излучения в течение 30 сек. Сравнение рис. 1 и 2 показывает, что порошки АСПК после лазерной обработки теряют отражательную способность по сравнению с исходным образцом.

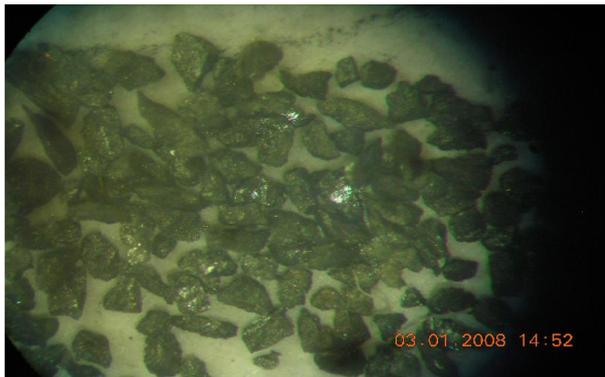


Рис. 2. Порошки АСПК после воздействия лазерного излучения в течение 30 сек (зернистость 100/80мкм).

Содержание графита в исследованных кристаллах незначительное и при данных дозах лазерного облучения практически не изменялось и, поэтому, в расчётах не учитывалось.

Для наглядности зависимости концентрации никеля (C_{Ni}) от времени лазерного облучения для порошка АСПК зернистостью 315/250 и 100/80мкм приведены в виде диаграммы на рис. 3. Из этой диаграммы видно резкое увеличение содержания никеля на поверхности порошков зернистостью 315/250мкм при времени облучения лазером 15 сек. У порошков фракции 100/80мкм наблюдается незначительное увеличение концентрации Ni при 30 секундном воздействии на них лазерного излучения, а при возрастании времени лазерного облучения до 60 секунд концентрация Ni уменьшается до величин ниже, чем у исходного образца. Нетрудно заметить, что концентрация никеля в образцах АСПК возрастает после облучения лазером от 1,2 до 1,5 раза в зависимости от зернистости порошков по сравнению C_{Ni} исходного состояния. Величина C_{Ni} для порошков АСПК зернистостью 100/80 мкм уменьшается при временах лазерного облучения более 30 сек.

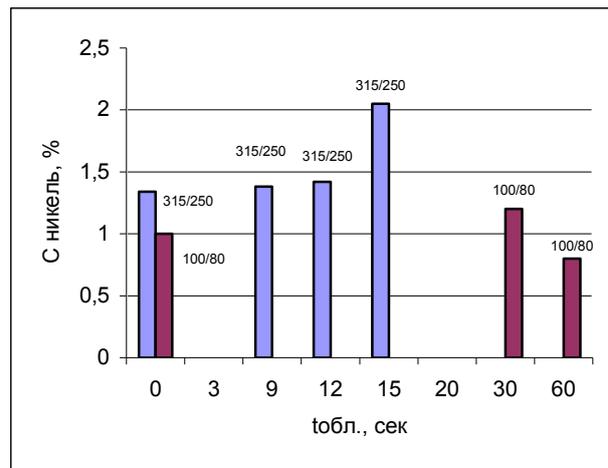


Рис.3. Зависимость концентрации никеля от времени лазерного излучения.

Обнаруженное явление изменения фазового состава в таких сложных многокомпонентных системах, как исследованные поликристаллические алмазы, под действием лазерного излучения должно играть важное значение при изучении механизма взаимодействия лазерного излучения с веществом.

Полученные экспериментальные результаты позволяют следующим образом трактовать процессы формирования фазового состава и структуры поликристаллов синтетического алмаза при воздействии на них излучения лазера.

Особенно важным для внутреннего строения поликристаллических алмазов типа карбонадо является наличие в них различных включений. Физико-механические свойства АСПК в значительной степени зависят от состава этих включений и характера их распределения по объему [2]. Кроме основной, преобладающей фазы собственно алмаза, в состав синтетических карбонадо входят непрореагировавший (неперешедший в алмаз) графит, металлы-катализаторы, их карбиды, твёрдый раствор металл-углерод. Количественный рентгенофазовый анализ включений показал, что общее содержание металла в алмазах АСПК составляет $8,2 \pm 2,0$ %, а графита - $1,8 \pm 0,3$ % [2]. Линейный размер включений составляет 0,5-10 мкм. Дисперсные металлические включения состоят из двух видов:

- 1) Ориентированные, закономерно сопряженные с решеткой алмаза, заключенные внутри кристаллитов.
- 2) Неориентированные, расположенные по границам зерен.

В микрообъемах АСПК распределение ориентированных и неориентированных металлических включений неравномерно. Объемное соотношение между ними существенно зависит от условий синтеза АСПК (давление и температура). Количество неориентированных включений составляет 1-3%, а ориентированных - около 5%.

Плотность поликристаллов синтетического алмаза карбонадо больше, чем плотность монокристаллов алмаза как природного, так и искусственного происхождения. Это различие объясняется наличием в АСПК большего количества металлических включений, чем у монокристаллов алмаза. С ростом концентрации металлических включений в АСПК практически пропорционально увеличивается и его плотность.

С точки зрения исследования структурно-фазовых изменений в синтетическом карбонадо после воздействия на него лазерного излучения наиболее важным является такие характеристики АСПК как теплопроводность и термостойкость. При воздействии лазерного излучения на АСПК возможны следующие процессы: 1) просто нагревание без изменения фазового состояния; 2) плавление; 3) испарение; 4) ионизация испаряемого вещества и образование плазмы. В нашем случае режимы облучения были подобраны таким образом, чтобы реализовывались первые два и частично третий процессы. В начальный период воздействия лазерного излучения на образцы АСПК идет

процесс нагрева в первую очередь металлической составляющей, поскольку в инфракрасном диапазоне частот лазерного излучения коэффициент поглощения примеси металла очень высок. Так как теплопроводность алмаза, основного составляющего АСПК, более чем на порядок превышает теплопроводности сплава никеля, то тепло примеси практически мгновенно распространяется в глубь образца. Это приведет к быстрому нагреву всего объема зерна порошка АСПК. Расплавленное включение никеля распространяясь по микротрещинам выходит на поверхность зерна, а при дальнейшем воздействии лазерного излучения оно частично испаряется. Это подтверждается результатами рис.3.

Таким образом, экспериментальные данные показывают, что концентрация никеля на поверхности порошков синтетического поликристаллического алмаза увеличивается при времени лазерного облучения от 15 до 30 сек., а при дальнейшем возрастании времени лазерного облучения - уменьшается.

Литература

1. Борсокеев А., Хайдаров К. Количественный рентгенологический анализ трехфазной алмазосодержащей системы. //Зав. лаборатория-1990.-№9.-с. 64-66.
2. Кожогулов О. Ч., Хайдаров К., Мальнев В.И.. Исследование механических свойств алмазов АРК //Сверхтвердые материалы – 1993-№1. С. 24-26.

Рецензент: д.ф-м.н., профессор Макаров В.Т.