

Н. Ф. БОРОВИКОВ, академик Л. Ф. ВЕРЕЩАГИН, Я. А. КАЛАШНИКОВ,
Л. Б. НЕПОМНЯЩИЙ, М. Д. ШАЛИМОВ, Н. Н. ШИПКОВ

НЕКОТОРЫЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ СИНТЕТИЧЕСКИХ БАЛЛАСОВ

Среди природных алмазов выделяются разновидности, различающиеся между собой по характеру внутреннего строения. Одной из таких разновидностей являются балласы — поликристаллические сферолиты с радиально-лучистым строением. По характеру строения видно, что образование балласов происходило путем кристаллизации из одной точки (центра кристаллизации) или весьма малой области, откуда дальнейший рост алмаза распространяется по радиусам сферы от центра к периферии.

В 1963 г. удалось синтезировать сферолитоподобные поликристаллы алмаза, исследование которых показало, что они идентичны находимым в природных месторождениях алмазам типа баллас (1).

Механизм полиморфного перехода графит — алмаз в этом случае весьма интересен; с целью его исследования было предпринято металлографическое исследование как исходных графитов, так и синтезированных из них балласов.

При синтезе были использованы искусственные графиты, различной степени графитации, отличающиеся по (плотности) удельному весу от $1,56 \text{ г/см}^3$ (у мелкозернистого графита) до $1,98 \text{ г/см}^3$ (у крупнозернистого графита). Следовательно, эти графиты имели различную пористость (от 1 до 30%); как правило, у мелкозернистых графитов она была однородной, однородной, у крупнозернистых — гетерогенной. В зависимости от способов получения графиты имели различную анизотропию. После прессования в глухой матрице графиты получались с изотропными свойствами; метод прошивного или горячего прессования приводит к получению графитов с ярко выраженными анизотропными свойствами. Степень текстурированности кристаллитов у различных марок графитов колебалась от 1,2 до 1,65 в условных единицах. Графиты, обладающие высокой степенью графитизации, имели наибольшие размеры кристаллитов, они колебались от 100 до 200 Å по оси c , и от 500 до 800 Å по оси a . Максимальный размер зерен в шихте углеродного материала, из которого получены графиты, колебался от 0,1 мм у мелкозернистых до 2,3 мм у крупнозернистых.

На микрофотографии поверхности шлифов образцов крупнозернистых графитов при увеличении порядка $70\times$ видны крупные и мелкие поры размерами от нескольких до 500 м. Для мелкозернистых графитов величина пор колеблется от нескольких до 200 м. Распределение пор достаточно равномерно для мелкозернистых графитов, для крупнозернистых графитов — неоднородно. Строго говоря, картина пористости различается для каждого образца как размером пор, так и их концентрацией.

Из рассмотренных графитов были синтезированы алмазы типа баллас при высоком давлении и высокой температуре.

На рис. 1а представлена фотография шлифа балласа, полученного из крупнозернистого графита, сделанного перпендикулярно оси камеры синтеза. Характерна четкая замкнутость границ зерен, видны поры (до 20 м) и трещины. Поры с преимущественным радиальным направлением наблюдаются как по границам зерен, так и внутри их (черные пятна), что,

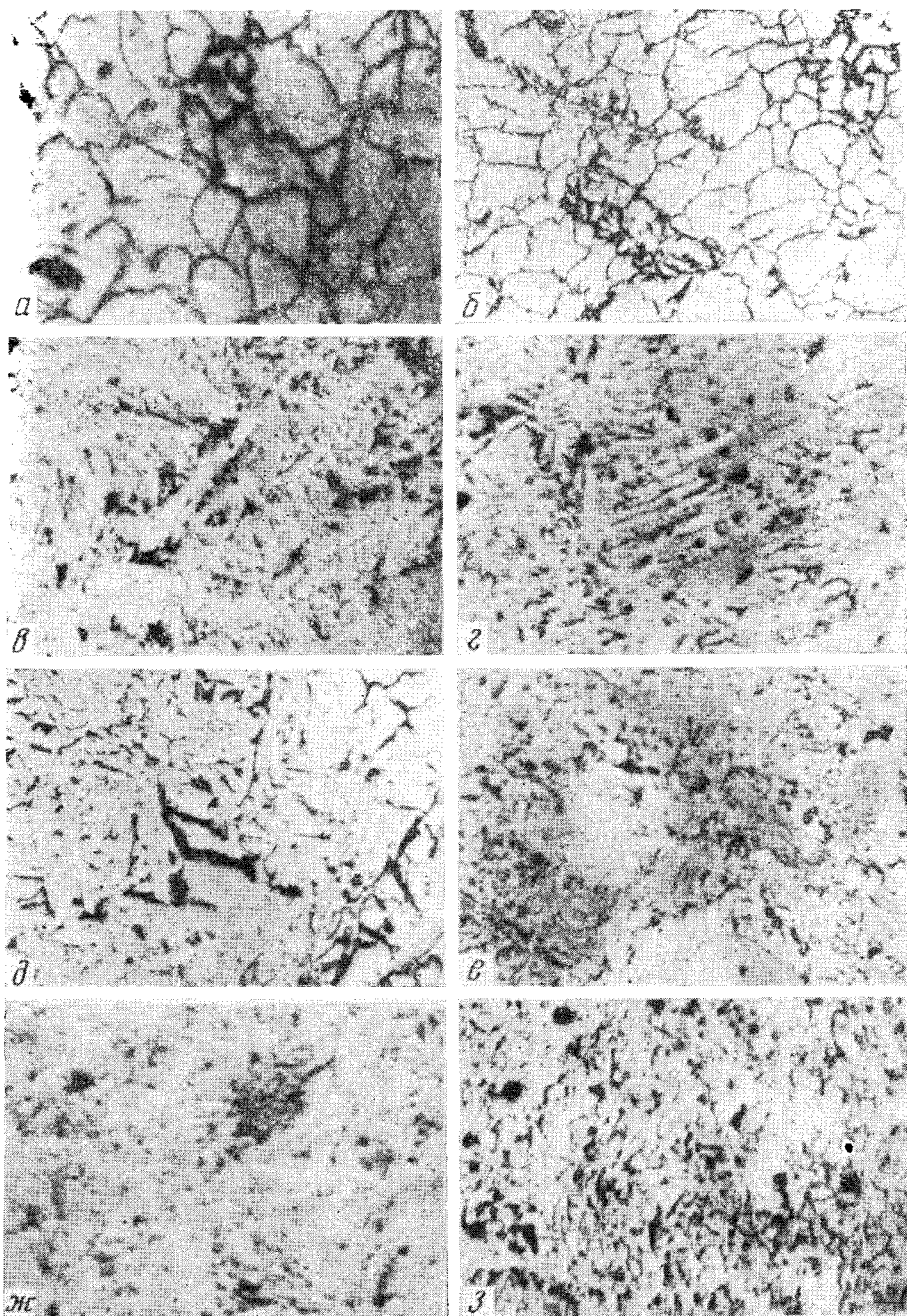


Рис. 1. Шлифы балластов из крупнозернистого (а — г) и мелкозернистого (д — з) графита; 70 X. а, б, д, е — перпендикулярно, в, г, ж, з — параллельно оси камеры синтеза; а, в, д, ж — периферийная, б, г, е, з — центральная область

возможно, либо связано с выкрашиванием частиц в результате шлифовки, либо вызвано условиями синтеза. Включений из металла-катализатора в основном распределены по границам зерен. Просмотр поверхности шлифа в темном поле обнаружил достаточно равномерное распределение металла-катализатора в виде отдельных точек внутри зерен. Однако есть отдельные зерна и достаточно большие, где концентрация этих точек ничтожно мала и они распределены в основном по краю зерен.

Наблюдаются также включения иного рода, отличные по цвету в оптическом микроскопе, соразмерные включениям из металла-катализатора, но они распределены главным образом по границам зерен. Размер самих зерен от 10 и до 200 м. Характер границ показывает, что наблюдаются зерна искаженной октаэдрической формы (рис. 1б).

Хорошо заметно, что в центре образца преобладают зерна меньшего размера и границы их видны более четко, чем на периферии, и наблюдается некоторая удлинненность зерен от центра к краю. На периферии образца больше преобладание трещин и более плотная укладка зерен (межзеренные границы заметны слабо и их достаточно хорошо видно только в темном поле).

На фотографии шлифа рис. 1 в, г, сделанного вдоль оси камеры синтеза, видно преобладание направленности зерен (направленный дендритный рост). Особенно они хорошо видны в темном поле. Видна направленность дендритов от центра по радиусу к периферии. Промежутки между дендритами заполнены включениями, отличающимися от включений из металла-катализатора (по-видимому, его карбиды), сам металл-катализатор наблюдается только в виде отдельных точек, которых очень мало. По периферии образца укладка более плотная, по вблизи катализатора размер дендритов меньше, чем при удалении от него (рис. 1г), и они ярче выражены.

Рассмотрение шлифов балласа, полученного из мелкозернистого графита показало отсутствие четких межзерных границ в центральной части шлифа (рис. 1е); по мере удаления от центра шлифа наблюдаются четкие границы раздела между отдельными зернами (рис. 1д, е). Однако на некоторых шлифах имеются области с преобладанием более мелкозернистой структуры по сравнению с образцами, полученными из крупнозернистого графита, размер включений и пор неоднороден (в центре более мелкие, чем на периферии), трещиноватость, как правило, не наблюдается, по сравнению с ранее рассмотренными крупнозернистыми поликристаллическими алмазами, текстурированность выражена слабее (рис. 1ж, з).

На основании проведенных исследований можно заключить, что морфологические особенности структуры исходного углеродного материала отражаются в микроструктуре поликристаллических алмазов. Это проявляется в том, что заложенная дефектность в структуре графитов в виде пор и трещин дает аналогичные структурные неоднородности в синтезированных алмазах, в результате чего на основе крупнозернистых графитов получают поликристаллические алмазы с более четкой текстурированностью, чем в случае с мелкозернистыми графитами.

Одним из объяснений указанных явлений может быть то, что структура исходного углеродного материала в процессе синтеза проходит состояние с преимущественным радиально-направленным полиморфным переходом кристаллической графитовой фазы в алмазную структуру.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
28 XI 1972

Институт физики высоких давлений
Академии наук СССР
Академгородок Подольск. р-на, Моск. обл.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. А. Калашников, Л. Ф. Верещагин и др., ДАН, 172, № 1, 76 (1967).