

50-я научная конференция МФТИ
Факультет проблем физики и энергетики
Секция физики высоких плотностей энергии

УДК 53.092

*Жерноклетов Д.М.¹, Милявский В.В.², Чарахчьян А.А.³,
Хищенко К.В.², Бородина Т.И.², Вальяно Г.Е.²*

¹ Московский физико-технический институт (государственный университет)

² Институт теплофизики экстремальных состояний Объединённого института
высоких температур РАН

³ Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН

**Экспериментальное исследование фазового
превращения графит-алмаз**

Исследовано влияние микроструктуры исходных образцов графита на кинетику фазовых превращений графита при ударно-волновом нагружении в стальных сборках сохранения с коническими полостями. Согласно результатам численных расчётов, за счёт кумуляции ударных волн в конической мишени в экспериментах достигались давления свыше 2 Мбар, что значительно превосходит давления, которые можно получить в ампулах сохранения плоской геометрии при аналогичных параметрах нагружения.

В экспериментах использовался графит трёх различных модификаций: ГМЗ ($\rho = 1,70 \text{ г/см}^3$), МПГ-7 ($\rho = 1,91 \text{ г/см}^3$) производства ФГУП «НИИграфит» (Москва) и MF-307 ($\rho = 2,01 \text{ г/см}^3$) производства Nippon Techno-Carbon Co. (Токио). Фотографии поверхности поперечных изломов исследуемых графитов, выполненные с использованием сканирующего электронного микроскопа Hitachi S405A, приведены на рис. 1.

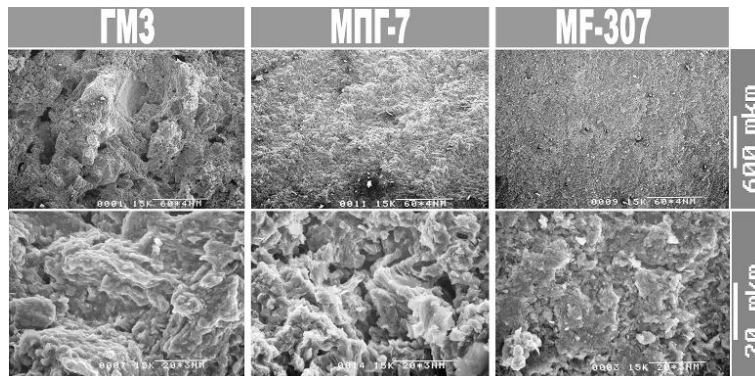


Рис. 1. Микроструктура поверхности излома графитов ГМЗ, МПГ-7, MF-307.

Из исходных образцов вытачивались конусы с диаметром при основании 15,346 мм и углом при вершине 75° , причём ось симметрии каждого конуса совпадала с преимущественным направлением оси «с» кристаллитов графита. Конусы помещались в сборки сохранения. Сборки нагружались плоским ударом алюминиевых пластин толщиной 5 мм и диаметром 90 мм, разогнанных продуктами детонации взрывчатого вещества до скорости 3,35 км/с. Структура сохраненных образцов исследовалась методами рентгенофазового анализа на установке ДРОН-3М (CuK_α -излучение). По результатам микроструктурных исследований оценивалась максимальная степень превращения графита в алмаз, имевшая место во время нагружения. При этом массовое содержание кубического алмаза в сохраненном материале (1–6%) суммировалось с массовым содержанием аморфной углеродной фазы, предположительно являющейся продуктом обратного перехода алмаза в графит. Экспериментальные данные сравнивались с результатами двумерного численного моделирования, выполненного с использованием уравнений состояния графита и алмаза [1] и кинетической модели [2]:

$$\frac{d\alpha}{dt} = \frac{1 - \alpha}{\tau} \cdot \frac{P - P_S}{P_S},$$

где α — степень превращения графита в алмаз, P_S — давление начала фазового перехода, τ — постоянная времени, связанная со скоростью фазового превращения. Множитель $(P - P_S)/P_S$ был ограничен единицей. Подробное описание использованных при расчётах математических моделей и численных методов приведено в работах [3, 4].

Константы кинетической модели P_S и τ , которые обеспечивали наилучшее согласие результатов численного моделирования с экспериментом (рис. 2), сравнивались со средним параметром трёхмерной упорядоченности решётки p_3 (значение $p_3 = 1$ соответствует «идеальному» монокристаллу) исходных графитов.

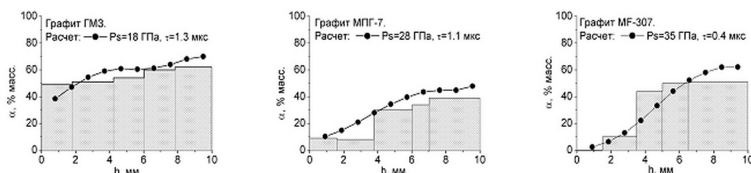


Рис. 2. Зависимость средней по слою степени превращения графита в алмаз от расстояния вдоль оси конуса h для графитов (расчёт и эксперимент). Значение $h = 0$ соответствует основанию конуса

Интересно, что графит ГМЗ, имеющий наименьшую плотность, обладает наиболее совершенной кристаллической структурой.

Обнаружено, что с ростом степени упорядоченности кристаллической структуры графита давление начала фазового превращения P_S падает, а постоянная времени τ , связанная со скоростью фазового превращения, возрастает.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 07-08-00092).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Khishchenko K.V., Fortov V.E., Lomonosov I.V.* // Int. J. Thermophys. — 2005. — V. 26. — P. 479.

2. Жук А.З., Иванов А.В., Канель Г.И. // ТВТ. — 1991. — Т. 29. — С. 486.
 3. Чарахчъян А.А., Хищенко К.В., Милявский В.В., др. // ЖТФ. — 2005. — Т. 75. — С. 15.
 4. Милявский В.В., Фортвов В.Е., Фролова А.А., др. // ЖВММФ. — 2006. — Т. 46. — С. 913.
-

Представленная выше версия доклада является ознакомительной.

Версию доклада, предназначенную для печати,
можно найти в факультетском сборнике трудов конференции.
Электронные материалы конференции публикуются по адресу
http://www.mipt.ru/nauka/conf50/plen_sections/