

УДК 621.039.532.21

Радиационное изменение теплопроводности графита ГМЗ в широком интервале температуры облучения и флюенса

ВИРГИЛЬЕВ Ю. С., ДМИТРИЕВ И. А.

Исследования радиационного изменения физических свойств конструкционного графита ГМЗ позволили построить зависимости параметров кристаллической решетки c и a , диаметра и высоты кристаллитов, удельного электро-сопротивления, динамического модуля упругости, пределов прочности при изгибе и сжатии, а также геометрических размеров от флюенса нейтронов в диапазоне 10^{18} — $2,5 \cdot 10^{22}$ нейтр./см² * при температуре облучения 70—900 °С [4]. Представляло интерес установить также зависимость теплопроводности от флюенса для этих условий облучения. Поскольку относительное изменение теплопроводности искусственного графита при облучении в первом приближении не зависит от вида материала, а определяется флюенсом и температурой [2], в экспериментах наряду с графитом ГМЗ использовали его модификации, различающиеся числом уплотняющих пропиток леком и температурой графитации. Коэффициент теплопроводности измеряли методом осевого теплового потока на образцах размером $5 \times 5 \times 10$ мм или цилиндрах диаметром 4—5 и высотой 6—10 мм, что давало возможность использовать образцы, обычно применяемые при радиационных испытаниях. Испытуемый образец помещали между нагретым блоком, который представлял собой медный цилиндр с вмонтированными в него нагревателем из манганиновой проволоки и горячим спаем дифференциального термоэлектрического термометра, и термостатируемым теплоприем-

ником из меди с вмонтированным в него холодным спаем дифференциального термоэлектрического термометра. Количество тепла, протекающего через образец, вычисляли по значениям мощности, подводимой к нагревателю, с учетом тепловых потерь, которые определяли при градуировке установки. Для улучшения термического контакта образца с нагретым блоком и теплоприемником на торцовые поверхности образца наносили тонкий слой смазки из мелкодисперсного нитрида бора и вакуумного масла. Перепад температуры по высоте образца определяли по разности температуры нагретого блока и теплоприемника с учетом найденных в предварительных экспериментах перепадов температуры на поверхностях контакта с образцом. Суммарная относительная погрешность измерения коэффициента теплопроводности при (25 ± 5) °С не превышала 10%. По результатам измерений построены (см. рисунок) дозовые зависимости относительного изменения термического сопротивления K для различных значений температуры облучения: $\Delta K/K = \bar{\lambda}_{исх}/\bar{\lambda}_{обл} - 1$, где $\bar{\lambda}_{исх}$, $\bar{\lambda}_{обл}$ — средняя * теплопроводность до и после облучения. Из рисунка видно, что рост термического сопротивления при низкотемпературном облучении (70—90 °С) наблюдается уже при флюенсе $\geq 10^{19}$ нейтр./см², а при достижении флюенса $\sim 10^{21}$ нейтр./см² термическое сопротивление возрастает примерно в 90 раз. С ростом температуры облучения термическое сопротивление экспоненциально снижается. Например, при флюенсе 10^{22} нейтр./см² значение $\Delta K/K$ не превышает 200—300% для 950 °С и $\sim 100\%$ для 1200 °С.

Как известно, с ростом температуры теплопроводность необлученного графита заметно снижается, а облученного графита, наоборот, растет. Поэтому облучение графита при температуре выше 900—1000 °С практически не изменяет его теплопроводность [3], если невелико «вторичное» распухание графита. Для отечественного графита марки ГМЗ и его вариантов это справедливо до флюенса, меньшего $2 \cdot 10^{22}$ нейтр./см².

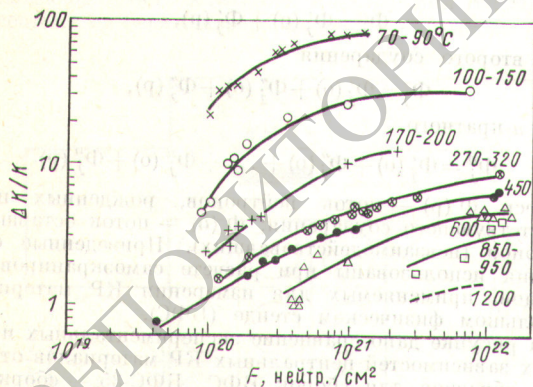
* Для исключения влияния текстуры определялась как сумма: $\frac{1}{3} \lambda_{||} + \frac{2}{3} \lambda_{\perp}$, где $\lambda_{||}$ и λ_{\perp} — теплопроводность в направлении, параллельном оси продавливания и перпендикулярном к ней.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виргильев Ю. С., Калягина И. П., Макаренко В. Г. — Атомная энергия, 1979, т. 46, вып. 3, с. 180.
2. Виргильев Ю. С. и др. — Там же, 1974, т. 30, вып. 3, с. 341.
3. Гончаров В. В. и др. Действие облучения на графит ядерных реакторов. М., Атомиздат, 1978.

Поступило в Редакцию 12.06.80

* Здесь и далее флюенс указан для нейтронов с $E \geq 0,18$ МэВ.



Зависимость относительного изменения термического сопротивления образцов графита ГМЗ от флюенса нейтронов при различной температуре облучения