

личена. При той же массовой толщине синтезированных материалов их геометрическая толщина уменьшается практически прямо пропорционально.

Литература

1. Бойко В.И., Долматов О.Ю., Шаманин И.В., Юшницин К.В. Сильноточные эмиттеры, синтезированные в режиме технологического горения // Приборы и техника эксперимента. 1993 г. №4. С.194-197.
2. Бойко В.И., Долматов О.Ю., Кадлубович Б.Е., Шаманин И.В. Многосекционный взрывозмиссионный катод с секциями из металлокерамики с боридами лантана и титана // Приборы и техника эксперимента. 1995 г. №2 С.186-189.
3. Бойко В.И., Долматов О.Ю., Нузгин О.А., Шаманин И.В. Направленный самораспространяющийся высоко температурный синтез ряда взрывозмиссионных металлокерамических материалов // Физика горения и взрыва. 1996 г. Т.32. №1 С.58-65.
4. Гусев Н.Г., Климанов В.А., Машкович И.Г., Суворов Ф.П. Защита от ионизирующих излучений. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
5. Новиков Н.П., Боровинская Н.П., Мержанов А.Г. Термодинамический анализ реакций самораспространяющегося высокотемпературного синтеза // Процессы горения в химической технологии и металлургии. – Черноголовка, 1975. С.174-188.
6. Мержанов А.Г. Проблемы технологического горения // Процессы горения в химической технологии и металлургии. – Черноголовка, 1975. С.5-28.
7. Блейкмор Дж. Физика твердого тела. – М.: Мир, 1988.

УДК 621.039.5:622.24.05

ОБЛУЧЕНИЕ В РЕАКТОРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ОСТАНОВЛЕННОГО ПРОМЫШЛЕННОГО УРАН-ГРАФИТОВОГО РЕАКТОРА ПОВЫШАЕТ КАЧЕСТВО ТВЕРДОСПЛАВНОГО И АЛМАЗНОГО ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

А.П. Мамонтов, С.Я. Рябчиков, В.В. Чахлов,
И.И. Баранов*, Э.Н. Колобова*, А.Г. Николаев*

Томский политехнический университет

*Сибирский химический комбинат

Изучение влияния облучения в реакторном пространстве остановленного промышленного уран-графитового реактора на характеристики твердого сплава, качество твердосплавного и алмазного породоразрушающего инструмента. Установлено, что качество твердосплавного и алмазного породоразрушающего инструмента повышается независимо от мощности дозы излучения.

Металлы и сплавы находятся в состояниях, весьма далеких от состояния термодинамического равновесия, достижению которого препятствуют дефектные и примесные перестройки. При облучении гамма-квантами металлов и сплавов появляются состояния, маловероятные с позиций равновесной термодинамики. Это приводит к тому, что при определенных режимах и условиях облучения твердосплавного и алмазного инструмента повышается его качество [1]. Однако было неясно, влияет ли мощность дозы излучения на характеристики породоразрушающего инструмента. В связи с этим в настоящей работе исследовалось влияние малой мощности дозы излучения на качество твердосплавного и алмазного инструмента, применяемого для бурения горных пород.

Облучение твердого сплава ВК8 и твердосплавных и алмазных коронок проводилось в реакторном пространстве остановленного промышленного уран-графитового реактора при мощности дозы излучения 0,15 – 0,18 Р/с. До и после облучения твердого сплава ВК8 проводились измерения разрушающей нагрузки, пре-

дела прочности при изгибе, деформации, жесткости, твердости по Роквеллу, микро-твердости. Полученные результаты сравнивались с результатами, полученными при облучении твердого сплава ВК8 гамма-квантами мощностью дозы 250 – 280 Р/с. Результаты измерений представлены в табл. 1.

Таблица 1

Мощность дозы, Р/с	Разрушающая нагрузка, Р, кГс	Предел прочности при изгибе, кГс/см	Деформация, мм	Жесткость, кГс/мм	Твердость по Роквеллу	Микро-твердость, кГс/мм ²
0	420	9380	0,055	7942	87,1	1380
0,15 – 0,18	481	10714	0,053	9271	88,2	1460
250 – 280	478	10684	0,053	9283	88,2	1450

В твердом сплаве ВК 8, применяемом для изготовления твердосплавного и алмазного породоразрушающего инструмента, области дефектов сосредоточены на границе раздела WC-Se. В твердом сплаве типа ВК8 с вкрапленными зернами алмаза в матрицу области дефектов расположены на границе раздела зерна алмаза – твердый сплав. В процессе облучения происходит аннигиляция междоузельных атомов с генетически связанными вакансиями. При аннигиляции выделяется запасенная в кристалле энергия, что приводит к резкому повышению температуры в области аннигиляции. Междоузельные метастабильные атомы, расположенные в области повышенной температуры, получают энергию, достаточную для преодоления барьера аннигиляции, и либо аннигилируют с вакансиями, являющимися «стопорами» дислокаций, либо мигрируют к стокам, в качестве которых выступают границы алмазное зерно – твердый сплав. При аннигиляции вакансий дислокации снимаются со «стопоров» и занимают наиболее выгодные в энергетическом отношении положения, т.е. происходит перестройка дислокаций. Поскольку максимальное количество дислокаций расположено на границе раздела алмазное зерно – твердый сплав, то перестройка дислокаций приводит к устранению пор в этой области и закреплению зерен алмаза в твердосплавной матрице. Кроме того, освобожденные междоузельные атомы кобальтовой связки твердого сплава диффундируют к зернам алмаза за счет колоссального увеличения коэффициента диффузии кобальта, что также способствует закреплению зерен алмаза в твердосплавной матрице. Все это приводит к повышению абразивной стойкости алмазного породоразрушающего инструмента. Так, при одной и той же проходке скважин в одинаковых условиях в необлученных коронках было потеряно 82 алмазных зерна, тогда как в облученных коронках было потеряно только 43.

Возникновение тепловых вспышек при облучении и резкое повышение температуры выше 1000 °С в области аннигиляции было показано теоретически в работе [2]. Нами впервые было экспериментально получено [3], что мгновенное повышение и спад температуры в области аннигиляции дефектов приводит к тепловому удару, который вызывает мгновенное повышение давления в области аннигиляции дефектов и, как следствие этого, возникновение упругой волны. Регистрация упругих волн пьезоэлектрическим датчиком, преобразующим механические колебания в электрические, позволяет проводить контроль и диагностику металлов и сплавов.

Анализ твердого сплава масс-спектрометрическим методом показал, что после облучения гамма-квантами появляется новая фаза $\text{Co}_x\text{W}_y\text{C}$, отсутствующая при анализе исходных образцов. Появление новой фазы и изменение дефектности материала меняют и характер излома твердого сплава. Это подтверждено при излучении поверхности разрушения методом реплик на просвечивающем электронном микро-

пе ЭПМ-100Л с разрешением 20 Å. Облучение твердого сплава существенным образом изменяет характер излома: во-первых, поры вдоль ребер спайности исчезают и уменьшается их количество на границе WC-Co; во-вторых, на поверхности карбида вольфрама появляются элементы вязкого излома - гребни отрыва, ручьистый узор; в-третьих, уменьшается вытяжка кобальтовой связки вокруг частиц карбида вольфрама. Все это приводит к тому, что облучение породоразрушающего инструмента гамма-квантами как при большой, так и при малой мощности дозы излучения снимает механические напряжения, повышает пластичность и предел упругости всего его объема (табл. 1). При этом устраняются трещины и разрывы, уменьшается коэффициент трения твердого сплава, в котором закреплены алмазные зерна.

Влияние малой мощности дозы излучения исследовали путем облучения твердосплавных буровых коронок СА-5 диаметром 76 мм. Проводили испытания двух партий коронок: базовых и облученных в реакторном пространстве остановленного промышленного урана-графитового реактора. Геолого-технические условия бурения скважин таковы: горные породы – песчаник; средняя категория горных пород 6,5; глубина скважин 100 – 200 м. Бурение осуществлялось на буровом станке СКБ-4, буровой мачте ВМТ-4, буровом насосе НБ-32, трубоизвороте РТ-1200 М. В качестве промывочной жидкости использовалась техническая вода. Оптимальные фиксированные режимные параметры бурения: осевая нагрузка 1000 кГс; частота вращения 280 об/мин; интенсивность промывки 100 л/мин. Результаты сравнительных испытаний твердосплавных буровых коронок СА-5 приведены в табл. 2.

Таблица 2

Мощность дозы, Р/с	Проходка на коронку, м	Механическая скорость бурения, м/ч
0	7,38	2,11
0,15 – 0,18	12,94	2,68
250 – 280	12,89	2,66

Проводили также облучение малой мощностью дозы излучения алмазных буровых коронок 01 АЗ Д40К40 диаметром 59 мм. После облучения в реакторном пространстве остановленного промышленного уран-графитового реактора испытывали две партии коронок: базовые и облученные. Геолого-технические условия бурения: горные породы – порфириды; средняя категория горных пород 9,0; глубина скважин 25 - 400 м. Бурение осуществляли на буровом станке СКБ-5, буровой мачте БМТ-5, буровом насосе НБ-4, трубоизвороте РТ-1200 М. В качестве промывочной жидкости использовалась техническая вода. Оптимальные фиксированные режимные параметры бурения таковы: осевая нагрузка 1200 кГс; частота вращения 407 об/мин; интенсивность промывки 60 л/мин. Результаты сравнительных испытаний приведены в табл. 3.

Таблица 3

Мощность дозы, Р/с	Проходка на коронку, м	Механическая скорость бурения, м/час
0	8,25	1,19
0,15 – 0,18	16,38	1,31
250 – 280	16,23	1,31

Данные табл. 3 показывают, что в композиционных алмазосодержащих материалах, из которых изготавливают вооружение алмазных коронок, наряду с упрочнением матрицы повышаются адгезионные свойства зерен алмазов и материала матрицы, что сопровождается улучшением их взаимного сцепления. Матрица коронки надеж-

но удерживает зерна алмазов в процессе разрушения горной породы, что приводит к увеличению работоспособного периода алмазных зерен, а следовательно, и к увеличению ресурса коронки в целом.

Таким образом, облучение в реакторном пространстве остановленного промышленного уран-графитового реактора приводит к эффективному повышению проходки на коронку и механической скорости бурения скважин твердосплавным и алмазным породоразрушающим инструментом.

Литература

1. Рябчиков С.Я., Мамонтов А.П., Печугин А.В. //Изв. Вузов. Геология и разведка. 2000. № 5. С. 89-94.
2. Лившиц И.М., Казанов М.И., Танатаров Л.В. //Атомная энергия. 1959. Т.6. вып. 4. С. 391-402.
3. Мамонтов А.П., Рябчиков С.Я., Чахлов Б.В. //Изв. ТПУ. 2000. Т.303(3). С. 72-74.

УДК 001.891.573

МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ УГЛЕРОДНОЙ ИДЕАЛЬНОЙ НАНОТРУБКИ

К.О. Сабденев, Ю.В. Данейкин, Н.А. Шепотенко

Томский политехнический университет

Предложена модель образования углеродной нанотрубки из пластины, представляющей собой несколько атомарных слоев графита. Случайные тепловые колебания пластины приводят к ненулевой вероятности соединения ее краев, состоящих из атомов со свободными валентными связями. Показано, что с энергетической точки зрения предложенный механизм может быть реализован. Согласно этой модели, температура образования нанотрубки в третьей степени зависит от толщины ее стенки.

Новые фазовые состояния углерода, известные как фуллерены и нанотрубки, благодаря уникальным физико-химическим свойствам, являются перспективными материалами для высокого развития науки, техники и технологий. К настоящему времени найдены способы получения такого класса материалов в сочетании с металлами и другими веществами, придающими им свойства, полезные для нанoeлектроники, медицины и практически всех отраслей промышленности [1].

Несмотря на значительные успехи экспериментальной науки о фуллеренах и нанотрубках, построение теории образования данных материалов остается делом будущего. В литературе высказываются два мнения о возможных механизмах протекания такого процесса. Во-первых, считается, что нанотрубка (или фуллерен) растет последовательно из отдельных атомов углерода, во-вторых, – сворачиванием графитовой пластины (чешуек) толщиной в один или несколько атомарных слоев. Пока нет твердых аргументов в пользу того или иного механизмов. Большое число физических факторов, влияющих на процесс образования упомянутых фазовых состояний углерода, не позволяет быстро построить какие-либо ясные физические представления по данному вопросу. В первую очередь, сложность здесь определяется разнообразием известных способов и условий синтеза этих материалов. Известно, что нанотрубки и фуллерены получают распылением графита в электрической дуге, облучением лазером графитового образца, в результате электролиза солей некоторых металлов графитовыми электродами, крекинга ряда углеводородов [1]. Но несомненным фактором при образовании нанотрубок и фуллеренов является высокая температура среды, где происходит данный процесс. Поэтому при построении настоящей модели синтеза нанотрубки мы ориентировались на экспериментальный