

ДИАГНОСТИКА И ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Рассмотрено влияние криогенной, радиационной и комплексной криогенно-радиационной обработки на износостойкость породоразрушающего инструмента. Установлено, что криогенно-радиационная обработка является наиболее эффективным способом повышения качества породоразрушающего инструмента.

Для повышения качества металлорежущего инструмента применяются различные способы их обработки, в частности, азотирование, борирование, ионная имплантация. Недостатком известных способов является то, что происходит упрочнение только поверхности инструмента. Поэтому разработка способов, которые позволяют проводить упрочнение всего объема инструмента представляет несомненный интерес.

В связи с этим в настоящей статье рассмотрены способы криогенной, радиационной и радиационно-криогенной обработки различных видов инструмента.

Криогенная обработка широко используется для повышения износостойкости инструмента для бурения горных пород. В [1] приведена обширная информация о положительных результатах применения криогенной обработки для повышения качества твердосплавного, алмазного и шарошечного породоразрушающего инструмента. Установлено, что криогенная обработка позволяет повысить ресурс различного инструмента в 1,5-2,0 раза. Однако в литературе не имеется информации о механизме упрочнения твердых сплавов и алмазосодержащих материалов, что в значительной степени затрудняет выбор оптимальных режимов криогенной обработки.

Для изучения процессов влияния криогенной обработки на структурные изменения в твердых сплавах применялся метод акустической эмиссии, основанный на регистрации упругих волн, протекающих в твердом сплаве в момент изменения его структуры [2]. В качестве стимулятора перестройки структуры твердых сплавов после криогенной обработки применялось облучение рентгеновскими лучами.

Акустическая эмиссия изучалась в процессе облучения рентгеновскими лучами твердых сплавов ВК8 и Т15К6, применяемых для изготовления металлорежущего и породоразрушающего инструмента. Использовались базовые образцы (без обработки) и образцы, обработанные жидким азотом при трех режимах: первый – исходная температура $T_{исх} = 20^{\circ}\text{C}$, время криогенной обработки (в жидком азоте) $t_{обр} = 15$ мин; второй – $T_{исх} = 100^{\circ}\text{C}$, $t_{обр} = 15$ мин; третий – $T_{исх} = 20^{\circ}\text{C}$, многократная криогенная обработка в жидком азоте по схеме: $(6 + 4 + 3 + 1)$ мин с промежуточным нагревом до 20°C .

После криогенной обработки образцы помещались в установку для измерения акустической эмиссии, в которой они облучались рентгеновскими лучами, и в процессе облучения регистрировалось количество импульсов акустической эмиссии. Результаты измерений акустической эмиссии базовых образцов и образцов, обработанных в жидком азоте, по первому режиму приведены на рис. 1.

Кривые, характеризующие зависимость количества импульсов акустической эмиссии от времени облучения твердого сплава рентгеновскими лучами, отличаются двумя пиками акустической эмиссии в обоих случаях. Это свидетельствует о том, что в твердом сплаве имеются как точечные (первый пик), так и линейные (второй пик) дефекты. Первый пик у обоих образцов занимает одно и то же положение, тогда как второй пик у

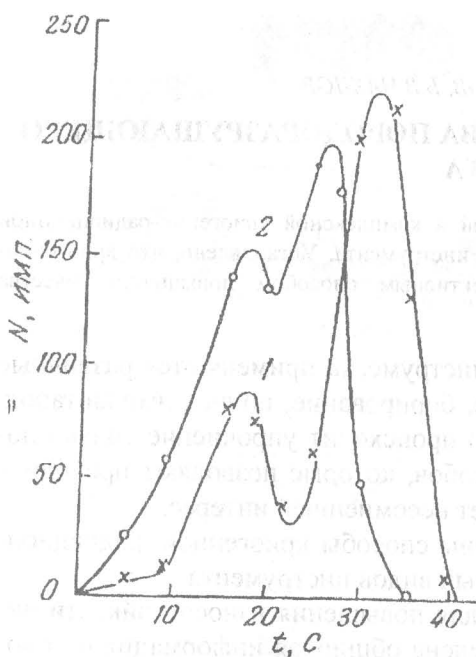


Рис.1. Зависимость количества импульсов акустической эмиссии от времени облучения твердого сплава: 1, 2 – образцы: 1 – базовый; 2 – обработанный в жидком азоте в режиме $T_{исх} = 20^\circ\text{C}$, $t_{обр} = 15$ мин

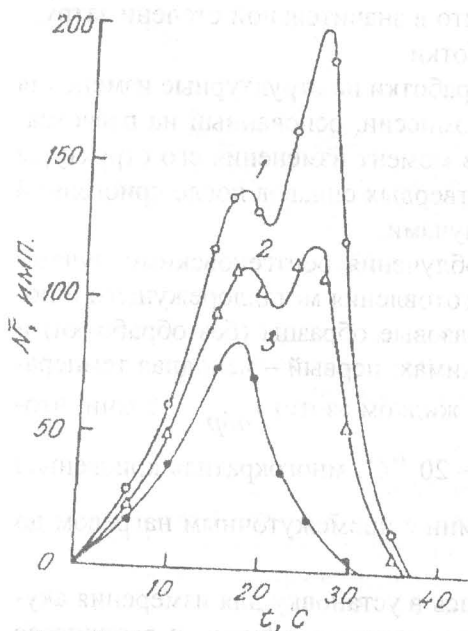


Рис. 2. Зависимость количества импульсов акустической эмиссии от времени облучения рентгеновскими лучами образцов твердого сплава, обработанных в жидком азоте в 1 – 3 режимах: 1 – $T_{исх} = 20^\circ\text{C}$, $t_{обр} = 15$ мин; 2 – $T_{исх} = 100^\circ\text{C}$, $t_{обр} = 15$ мин; 3 – $T_{исх} = 20^\circ\text{C}$, $t_{обр}$ – многократная обработка в жидком азоте

образцов, прошедших криогенную обработку, смещен в область меньшего времени облучения.

Это объясняется тем, что при криогенной обработке твердого сплава происходят структурно-фазовые превращения за счет термического воздействия на линейные дефекты.

На рис.2 приведены результаты измерений акустической эмиссии на образцах твердого сплава, прошедших криогенную обработку при различных режимах.

Положение и форма кривых, приведенных на рис.2, позволяют судить о характере влияния различных режимов криогенной обработки на состояние структуры твердого сплава. Так, положение пиков акустической эмиссии не зависит от режима криогенной обработки. Но количество наблюдаемых импульсов акустической эмиссии для различных режимов криогенной обработки существенно отличается. При более жестком (многократном) режиме криогенной обработки фиксируется меньшее количество импульсов акустической эмиссии, так как при этом режиме криогенной обработки вводится большая концентрация точечных и линейных дефектов, на которых рассеиваются акустические волны, и по этой причине они не достигают пьезоэлектрического датчика.

Результаты исследований акустической эмиссии полностью согласуются с данными по исследованию прочностных (разрушающая нагрузка, предел прочности при изгибе, деформация, жесткость, твердость по Роквеллу, микротвердость) характеристик твердых сплавов ВК8 и Т15К6, обработанных в жидком азоте при тех же режимах [3]. Согласно [3], многократная обработка твердых сплавов в жидком азоте и обработка с исходной температуры 100°C приводит к снижению предела прочности при изгибе и деформации, к повышению хрупкости. При этом повышается твердость (микротвердость), однако в целом, механическая прочность образцов твердого сплава, обработанных в указанных режимах, уменьшается. Поэтому первый режим криогенной обработки породоразрушающего инструмента рекомендован для

использования в производстве.

Применение облучения рентгеновскими лучами с одновременным измерением акустической эмиссии позволяет эффективно прогнозировать ресурс и характер поведения породоразрушающего инструмента при различных видах и режимах обработки.

Генерация акустических волн в процессе облучения рентгеновскими лучами обусловлена тем, что в процессе облучения таких неравновесных материалов, какими являются металлы и сплавы, происходит аннигиляция междоузельных атомов с генетически связанными вакансиями. В области аннигиляции дефектов возникает тепловая вспышка за счет освобождения запасенной в кристаллической решетке энергии, которая составляет примерно 10 эВ [4].

Освобождение запасенной энергии приводит к резкому повышению температуры в ограниченном объеме, затем температура практически мгновенно уменьшается до температуры окружающей среды аннигиляции дефекта среды, т.е. происходит тепловой удар. Температура в области аннигиляции дефектов, как показывают расчеты, превышает 1000 °C [5].

При этом возникает импульс давления, вызывающий акустическую волну, которая при распространении в металлах и сплавах рассеивается на точечных и линейных дефектах. Количество импульсов акустической эмиссии определяется концентрацией имеющихся в материале дефектов. В более совершенном по структуре материале имеется меньше центров, рассеивающих акустические волны, и в связи с этим регистрируется большее количество импульсов акустической эмиссии. Наиболее интенсивно этот процесс протекает в областях, окружающих дислокации, и на границах зерен, что приводит к уменьшению концентрации и размеров дислокаций и понижению температуры фазового перехода. Области аннигиляции дефектов в этом случае являются точками бифуркаций, определяющими самоорганизацию металлов и сплавов при облучении рентгеновскими лучами [6].

Импульсы акустической эмиссии наблюдаются в течение всего лишь 30 с, поскольку в процессе облучения изменяется сам характер взаимодействия рентгеновского излучения с материалом. Наиболее вероятной причиной этого является возникающая интерференция рентгеновских волн с акустическими волнами.

Облучение металлов и сплавов ионизирующим излучением позволяет не только проводить их диагностику, но и улучшать качество металлорежущего, бурового и волоочильного инструмента. Установлено, что улучшение качества инструмента происходит независимо от мощности дозы излучения, а определяется только дозой излучения. Так, облучение γ -квантами при мощности дозы 300, 150, 10, 5 и 0,15 Р/с дозой $10^4 - 10^5$ Р позволяет улучшать качество металлов и сплавов независимо от мощности дозы излучения.

Большой интерес представляет повышение качества твердосплавного и алмазного породоразрушающего инструмента. В твердом сплаве, применяемом для изготовления твердосплавного и алмазного породоразрушающего инструмента, области дефектов сосредоточены на границе раздела WC – Co. В твердом сплаве с вкрапленными зернами алмаза в матрицу, представляющую собой твердый сплав типа ВК8, области дефектов расположены на границе зерно алмаза – твердый сплав. В процессе облучения происходит движение дислокаций, которые занимают наиболее выгодные в энергетическом отношении положения. 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 ко-

эффективности 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 43 алмазных зерна.

Анализ твердого сплава масс-спектрометрическим методом показал, что после облучения γ - квантами появляется новая фаза Co_xW_yC , которая отсутствует при анализе исходных образцов. Появление новой фазы и изменение дефектности материала изменяет и характер излома твердого сплава. Это подтверждено при изучении поверхности разрушения твердого сплава методом реплик на просвечивающем электронном микроскопе с разрешением 20 Å. Облучение твердого сплава существенно 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 γ - квантами как при большой, так и при малой мощности дозы излучения снимает механические напряжения, повышает пластичность и предел упругости всего объема инструмента. При этом устраняются трещины и разрывы, уменьшается коэффициент трения твердого сплава, в котором закреплены алмазные зерна. Все это приводит к повышению работоспособности инструмента и повышению скорости бурения скважин в горных породах.

Упрочнение породоразрушающего инструмента способами криогенной обработки или облучения позволяют увеличить проходку на коронку в 1,3-1,8 раза, уменьшить расход алмазных зерен на 30-40 %, повысить механическую скорость бурения на 15-20 %. Эти способы упрочнения инструмента снижают некоторые прочностные характеристики матриц. Так, криогенная повышает хрупкость матриц, а облучение γ - квантами приводит к уменьшению микротвердости.

Для того, чтобы сохранить полученный при криогенной обработке положительный эффект (повышение микротвердости и жесткости), необходимо уменьшить хрупкость матрицы, увеличить ее пластичность (величину деформации) при сохранении или незначительном уменьшении твердости. Эта задача решается комплексной криогенно-радиационной обработкой, причем криогенная обработка рассматривается как низкотемпературная закалка, а облучение γ - квантами как радиационный отжиг или отпуск. При криогенно-радиационной обработке твердых сплавов ВК8 и Т15К6 предел прочности при изгибе повысился на 12,6 %, деформация увеличилась на 12 %, жесткость на 5%, а микротвердость уменьшилась всего на 5,2 %. Это показывает, что криогенно-радиационный способ обработки породоразрушающего инструмента является наиболее эффективным способом повышения его качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

1. Рябчиков С.Я. //Техника и технология геологоразведочных работ: Обзор. .: Геоинформ-марк. 1993. – В.1. – 28 с.
2. Скучик Е. Основы акустики. -М.: Изд-во иностр. лит-ры. 1976. - 187 с.
3. Рябчиков С.Я., Мамонтов А.П. и др. Совершенствование техники и технологии бурения скважин на твердые полезные ископаемые. – Екатеринбург: Изд-во Уральской горной академии. –1995. – С 84-86.
4. Пахаруков Ю.В. // ФТП. – 1989. – Т.23. – С.909-911.
5. Лившиц И.М., Каганов М.И., Танатаров Л.В. // – М.: Атомная энергия. – 1959. - Т.6. – вып.4. – С.391-402.