

АКУСТИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ ГОРЕНИЯ И ПРОЦЕССОВ, ПРЕДШЕСТВУЮЩИХ ВОЗГОРАНИЮ, ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПОЖАРОВ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

Дмитрий Борисенко

Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Рязумовского, Москва; dima-luxinzi@mail.ru

АННОТАЦИЯ. Статья содержит результаты экспериментальных исследований связи процесса горения и процессов, предшествующих возгоранию, с амплитудно-временными характеристиками возникающего при этом акустического излучения для угля применительно к диагностике очагов пожаров в угольных шахтах. Показывается, что акустическое излучение, возникающее при горении и процессах, предшествующих возгоранию, несёт информацию о размерах горящего угля, интенсивности процесса горения и стадии развития пожара.

ACOUSTIC INFORMATIONAL SIGNS OF BURNING AND PROCESSES, WHICH PREVIOUS TO IGNITION, FOR DIAGNOSTIC OF FIRES IN COLLIERIES

Dmitrij Borisenko

Moscow State University of Technologies and Management of K.G. Razumovsky, Moscow; dima-luxinzi@mail.ru

ABSTRACT. Paper presents results from experimental investigation of correlation of burning and processes, which previous to ignition of coal with characteristics of their acoustic radiation for diagnostic of fires in collieries. It is shown that the acoustic radiation, which arising during burning and processes preceding the fire, carries information about the sizes of burning's coal, about the intensity of the combustion process and about stages of fire development.

Введение

Одной из важнейших проблем на угольных шахтах являются подземные пожары. Основную трудность представляет диагностика пожара. Под диагностикой понимается:

- ⇒ установление факта наличия пожара
- ⇒ подсчёт количества очагов пожара
- ⇒ определение местоположения очагов пожара
- ⇒ определение формы и пространственной ориентации очагов пожара
- ⇒ стадии развития пожара
- ⇒ интенсивность самонагрева или горения.

К сожалению, применяющиеся методики идентификации пожара не всегда позволяют диагностировать пожар с точностью, необходимой для эффективного проведения противопожарных мероприятий. При измерении концентрации индикаторных газов существует риск неверного определения местоположения очага горения в силу подсоса газовой среды по системе полостей и трещин на значительные расстояния (километры) от зоны горения. На сегодняшний день даже в передовых в техническом отношении угледобывающих странах не существует способов диагностировать очаги пожара на расстоянии более 300 м. Как отмечено в [1], проникаемые для воспламеняющего импульса каналы между лавой и

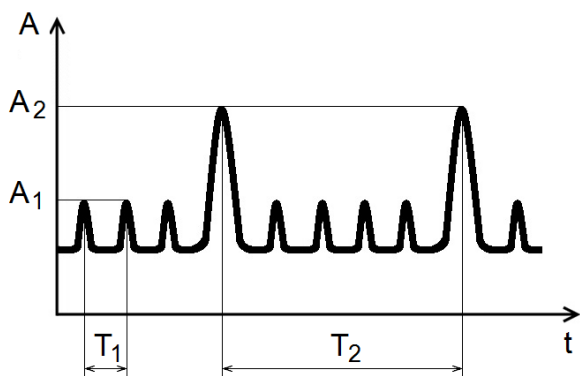
выработанным пространством на расстоянии от лавы более 300 м не доступны для контроля.

Для пополнения арсенала средств получения информации о пожарах на угольных шахтах предложен новый способ диагностики – акустический [2]. Указанный способ помогает определить координаты очагов пожаров, являющихся источниками характерного акустического излучения. Однако, вопросы, связанные с определением стадии и интенсивности протекающих процессов, остаются пока не исследованными.

Условная периодичность процесса горения

В результате проведённых экспериментов получены данные по оценке амплитудно-временных характеристик процесса горения.

Заметные без специального увеличения импульсы отстоят один от другого на некоторое расстояние. Причём, импульсы с примерно одинаковой амплитудой отстоят друг от друга на примерно одинаковое расстояние. Поскольку это расстояние откладывается по оси времени, будем называть его временем ожидания. Таким образом, налицо явная закономерность: чем больше амплитуда акустических импульсов, тем реже они наблюдаются и наоборот – чем амплитуда импульсов меньше, тем чаще они встречаются. Схематично картина полученных данных представлена на фиг.1.



Фиг. 1. Схема амплитудно-временной зависимости акустических импульсов, возникающих при горении: A_1 и A_2 – амплитуды акустических импульсов различной интенсивности; T_1 и T_2 – соответствующие времена ожидания

Можно говорить о некоей условной периодичности следования акустических сигналов с примерно одинаковыми амплитудно-временными характеристиками. Слово «условной» указывает на то, что события не воспроизводятся идентично, а имеют примерно равные характеристики. А поскольку акустические волны являются порождением горения, то такой периодичностью должен характеризоваться и сам процесс горения. Трансформация рабочих торцов исследованных образцов полностью подтверждает это предположение (фиг. 2).



Фиг.2. Внешний вид торца образца подмосковного бурого угля, подвергавшегося процессу горения

Как следует из фотографии, представленной на фиг.2, торцы образцов, подвергавшиеся процессу горения, прорезаны трещинами. Примечательно, что характерные размеры этих трещин (протяжённость выхода на плоскость торца образца и расстояние между берегами) также обладает условной периодичностью: трещины с примерно одинаковыми параметрами располагаются на примерно одинаковом расстоянии одна от другой. Причём, чем заметнее трещины, тем реже они встречаются, и наоборот: чем трещины меньше, тем их больше. Это доказывает, во-первых, связь механизма возникновения акустических импульсов с трещинообразованием в процессе горения, а, во-вторых, правильность акустического признака процесса горения твёрдого горючего полезного ископаемого, заключающегося в условной амплитудно-временной периодичности процесса.

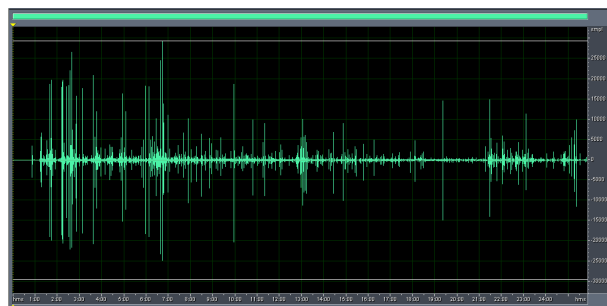
Размеры горящего угля

В условиях подземного горения, когда очаг пожара развивается в пласте полезного ископаемого, характеризующем миллионами тонн, процесс горения может продолжаться весьма длительное время. Известны случаи непрерывного горения каменного угля на протяжении тысячелетий, например, продолжающееся по настоящее время в урочище Кухи Малик в долине реки Ягноб, упомянутое ещё в «Естественной истории» Плиния Старшего [3]. Однако, если мы рассматриваем горение ограниченного объёма вещества (образца), то на протяжении горения интенсивность следования акустических импульсов непостоянна. Неравномерно распределены во времени и амплитуды возникающих акустических импульсов. За конечное время образец полностью сгорит, и процесс горения прекратится, а вместе с ним перестанут генерироваться соответствующие акустические импульсы.

Отмеченная закономерность имеет общий характер для различных углей, хотя численно амплитудно-временные зависимости для одинаковых по размерам образцов различных углей отличается (фиг.3).



а)



б)

Фиг. 3. Типичные амплитудно-временные зависимости акустического излучения, возникающего при горении, для подмосковного бурого угля (а) и минусинского длиннопламенного угля (б)

Отмеченное обстоятельство позволяет судить о размерах горящего угля: горящий забой, куски отбитого угля, угольная мелочь. Но для оценки размеров горящих кусков угля по неравномерности амплитудно-временной зависимости необходимо осуществлять наблюдение акустического излучения в течение некоторого времени. Причём, чем крупнее размеры горящего куска угля, тем за больший промежуток времени проявится неравномерность амплитудно-временной зависимости акустического излучения, возникающего при его горении.

Размеры образующихся в процессе горения трещин в горящем куске угля не могут превышать размеры самого куска угля. Значения амплитуды акустических импульсов коррелируют с размерами возникающих в процессе горения трещин, порождающих эти импульсы. По характерным особенностям амплитудно-временной зависимости для каждого импульса можно идентифицировать данный импульс на каждом чувствительном элементе системы регистрации и определить координаты его возникновения. Учитывая закономерности изменения амплитуды акустических импульсов, возникающих при горении, в зависимости от пройденного пути [4], можем восстановить истинное значение амплитуды импульса в зоне его возникновения. Таким образом, можем определять размеры трещин, порождающих регистрируемые импульсы. Соответственно можем судить о размерах горящего угля.

Интенсивность процесса горения

Следует особо подчеркнуть, что характерное акустическое излучение возникает не только при пламенном горении, но и при самонагревании угля. Дело в том, что ещё до возгорания температура отдельных довольно малых по размеру и времени существования зон в угле весьма высока. Напряжения на границах соседних структурных элементов угля именно в этих зонах превышают пороговые значения, и образуются разрывы. Объединяющиеся разрывы образуют микротрещины, сопровождающиеся акустическими импульсами. Причём, диагностировать такие дефекты возможно только акустическими способами. Это согласуется с имеющимися научными представлениями. В [5] чётко говорится, что процесс микротрещинообразования, в отличие от простого трещинообразования, невозможно обнаружить никакими другими средствами контроля, кроме акустоземиссионных.

Концентрация зон с высокой температурой характеризует вероятность образования микротрещин и частоту их появления. Таким образом, интенсивность горения и процессов, предшествующих возгоранию, прямо связана с частотой возникновения и амплитудой характерных акустических импульсов.

Однако, наличие характерных акустических импульсов с большими значениями амплитуды возможны только на стадии пламенного горения. Причём, умея определить координаты возникновения трещины для каждого импульса, можем оценить, насколько часто трещины возникают не только по времени, но и по пространству. Это обстоятельство чётко позволяет судить об интенсивности процесса горения.

На различных стадиях пожара интенсивность акустического излучения различна: изменяются концентрация возникающих трещин в пространстве и величина их амплитуды.

Таким образом, регистрация акустического излучения, возникающего при горении и процессах, предшествующих возгоранию, позволяет судить о стадии пожара. Это важно, поскольку наибольший интерес представляет распознавание пожара на ранних стадиях, когда с ним проще бороться.

Выводы

Акустический способ идентификации горения угля помогает не только определять координаты очагов пожаров на угольных шахтах, но и позволяет получать информацию о стадии и интенсивности горения и процессов, предшествующих возгоранию.

Амплитудно-временная зависимость акустического излучения, сопровождающего горение и процессы, предшествующие возгоранию, характеризуется условной периодичностью. Более заметные импульсы следуют реже, менее заметные – чаще.

При продолжительном времени наблюдения можем получить информацию о динамике процесса.

Абсолютные значения амплитуды импульсов, восстановленные для точек их возникновения, показывают размеры горящего угля.

Интенсивность процесса горения угля или процессов, предшествующих возгоранию, определяется по частоте следования и нахождения в пространстве акустических импульсов сопоставимой амплитуды.

Чем полнее и точнее собираемая в процессе измерений информация, тем надёжнее получаемые выводы.

Литература

- [1] Хермюльцхайм В., Бетка А. / 30-летний опыт разработки и применения эффективных средств борьбы с эндогенными пожарами // Глюкауф, 2010, № 2(3), 51 – 54.
- [2] Д.И. Борисенко. Разработка способа акустической идентификации горения угля для диагностики очагов пожаров в угольных пластах. Автореферат к.т.н. 2007.
- [3] Горная энциклопедия/ Гл. ред. Е.А. Козловский; ред. кол.: М.И. Агошков, Н.К. Байбаков, А.С. Болдырев и др. – М.: Сов.энциклопедия. Т.4.Ортин-Социосфера.1989.
- [4] Д.И. Борисенко. Моделирование распространения акустических волн применительно к пеленгации очагов пожаров в угольных пластах в лабораторных условиях. Наукові праці УкрНДМІ НАНУ. 10 (2012), 16-21.
- [5] Бартенев О.А., Хамитов В.А. Применение метода акустической эмиссии для исследования фазовых превращений в сплавах: Обзор. – Заводская лаборатория. Т. 53, №6, 1987, 37–45.