

04; 05; 12

© 1992

ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИРОДЕ ВНЕЗАПНОГО ВЫБРОСА
УГЛЯ И ГАЗАВ.М. Ф и н к е л ь, Э.Н. К л е н о в,
Н.Ф. Л о с е в, И.М. Ф о м и н,
Б.Б. К о н к и н

Известно [1, 2], что внезапный выброс угля и газа – быстро протекающий процесс разрушения угольного массива, развивающийся впереди забоя горной выработки и сопровождающийся выносом газа, и раздробленного с высокой степенью дисперсности угля [2, 3]. Этот процесс ведет к многочисленным жертвам и наносит серьезный материальный ущерб. Убедительное и адекватное понимание его отсутствует.

В настоящей работе предлагается механизм электрического провоцирования выброса. Он опирается на следующие обстоятельства. Прежде всего, каждая горная выработка является концентратором электрических токов в земной коре [4–6]. Помимо этого, высокое горное давление ведет к созданию систем макро- и микротрещин, на полостях которых скапливается серьезный электрический заряд [7–9]. Наконец, поляризационные процессы в диэлектриках ведут к генерированию высоких электрических потенциалов. И последнее: современная шахта является мощным потребителем электрической энергии, частично стекающей через заземление в окружающий массив, в том числе угольный.

Нами установлено, что при пропускании постоянного и переменного электрического тока через антрацит происходит выделение газа. Для наблюдения этого образцы размером 4 x 2,5 x 2 мм зажимались между двумя подпружиненными электродами, к которым подключался источник электрического тока. Опыты проводились, прежде всего, в воздухе. Выделение газа начиналось практически сразу после включения электрического тока. Поверхность образца разогревалась неоднородно. Нагрев локализовался вначале в отдельных блоках типа монокристаллов, затем постепенно вовлекал остальные части образца. Если в угле содержались трещины, или они привносились извне, нагрев сосредоточивался в первую очередь на них, затем перебрасывался на другие трещины и монолит. В конечном итоге развивалось горение макрочастей, а затем и всего угольного образца.¹

¹Поскольку процесс нагрева начинался прежде всего в точках электрического контакта, представляло интерес исключить их из рассмотрения. С этой целью опыты в воздухе проводились на угле в индукторе ТВЧ. При частоте 440 кГц наблюдались аналогичные процессы неоднородного разогрева и последующего горению угля с постоянным газовыделением.

Интенсивность последнего проверялась при пропускании тока через антрацит в ванне с дисциллированной водой. Выделение газа начинается в местах контакта металлических электродов с углем, когда сила тока достигает 7.5 А. С достижением 18–30 А, что соответствует плотности тока $j = 3-5 \text{ А/см}^2$, начинается выделение газа по всей поверхности еще не горящего угля. Процесс, таким образом, носит пороговый характер. Дальнейший рост плотности тока ведет к лавинообразному газовыделению и потере стабильности силы тока, пульсирующего с амплитудой в 5–10 А. При этом 1 объем угля выделяет при использованных токах не менее 1 объема газа в одну секунду и длительность этого процесса порядка минуты. Выключение тока прекращает газовыделение практически немедленно. Выделяющийся газ представляет собой стандартную смесь горючих и взрывоопасных газов.

Нагрев угля при пропускании электрического тока протекает по всему массиву угля неоднородно, локализуясь в первую очередь на микро- и макротрещинах, границах угольных блоков и „монокристаллов“, на несплошностях, включениях и пр. Это ведет к лавинообразному нарастанию выброса газа в замкнутом объеме и повышению давления. В условиях контакта с раскаленным углем попросту возможен взрыв.

Может быть возможен и иной механизм детонирования газовой смеси, связанный с накапливанием и длительным существованием внутри земного массива локальных потенциалов порядка 5–10 кВ [9]. В связи с этим в работе рассмотрен электрический пробой угля. Для определения пробивного напряжения использовались угольные бруски размером 50 x 50 x 20 мм. Образцы помещались между медными полусферическими электродами. На последние подавалось напряжение, снимаемое с батареи конденсаторов емкостью 0.1 мкф. Пороговые напряженности пробоя для каменного выброса взрывоопасного угля лежали в пределах 1.9–2.3 кВ/мм. Включения, поры, микротрещины, слоистость уменьшали напряжения пробоя. В образцах с преимущественной ориентацией угольных слоев параллельно электрическому полю значения пробивных напряженностей составляли лишь 0.3–0.9 кВ/мм. Уголь с преимущественной ориентацией слоев ортогональных электрическому полю пробивался при 0.9–1.7 кВ/мм. Пробой вдоль трещин проходил при 0.9 кВ/мм. Процесс такого рода, вероятно, и способен быть инициатором взрыва угля и газовой смеси.

Он осуществлялся в установке с потенциалом до 15 кВ и конденсаторами емкостью в 0.047 и 12 мкф. Пробой и взрыв образцов объемом 5–10 см³ и толщиной 5–20 мм регистрировался скоростной кинокамерой СФР – 2 со скоростью 204–408 тыс. кадров в секунду, что соответствует временному разрешению 4.8:2.5 микросекунды на кадр. При энергии конденсаторов в 300–1000 Дж пробой каменного угля сопровождается интенсивной световой вспышкой, звуковой волной, газовыделением и электровзрывом угля. Основными продуктами взрыва являются осколки порядка миллиметра и угольная пыль микронного размера.

Скоростная киносъемка показала, что пробой начинается с образования узкого проводящего канала (доли миллиметра), затем следует его интенсивный разогрев и взрыв. Весь этот процесс развивается в течение 10–15 микросекунд.

Итак, электрические токи теллурического или шахтного происхождения концентрируются вблизи естественного кондензатора – горной выработки и ведут к мощному газовыделению, к интенсивному разогреву и горению угля, что само по себе способно привести к взрыву газа. Помимо этого, высоковольтный потенциал на вскрывающихся трещинах или других неоднородностях, либо на деформируемом диэлектрическом монолите, способен вызвать пробой и инициировать взрыв газа.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Д к у к и н А.В. Основные проблемы горной науки. М.: Недра, 1979. 373 с.
- [2] С к о ч и н с к и й А.А., Х о д о т В.В. Горная наука и борьба с внезапными выбросами в шахтах. М.: Недра, 1985.
- [3] Н и к о л и н В.И., Б а л и н и ч е н к о И.И. Борьба с выбросами угля и газа в шахтах. М.: Недра, 1981.
- [4] А б д у л л а б е к о в К.Н. Электромагнитные явления в земной коре. Ташкент, 1989. 232 с.
- [5] Б а л а с а н я н С.Ю. Динамическая геоэлектрика. Новосибирск: Наука, 1990. 587 с.
- [6] К р а е в А.П. Основы геоэлектрики. Л.: Недра, 1965.
- [7] К о р н ф е л ь д М.И. // ФТТ. 1971. Т. 13. В. 2. С. 474–479.
- [8] К о р н ф е л ь д М.И. // ФТТ. 1973. Т. 15. В. 10. С. 2917–2921.
- [9] Ф и н к е л ь В.М. Физические основы торможения разрушения. М.: Металлургия, 1977.

Ростовский-на-Дону
институт автоматизации
и технологии машиностроения

Поступило в Редакцию
17 ноября 1992 г.