

В.А. Белин, Э.А. Ачеева, Е.Ю. Гетоева

ИССЛЕДОВАНИЕ ПИРОФОРНОСТИ ГРАНУЛИРОВАННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ПНЕВМАТИЧЕСКОМ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ

Пневматический способ транспортирования и заряжения взрывных полостей обеспечивает высокую экономическую эффективность за счет повышения плотности заряжения шпуров и скважин и позволяет использовать дешевые ВВ. Но, помимо преимуществ, имеются и некоторые недостатки. В процессе движения в зарядном шланге поток гранулированного ВВ электризуется, образуя области различных знаков. Это ведет к возникновению электрического разряда с выделением некоторого количества тепла. В итоге температура аэрозвеси повышается, что может привести к воспламенению, а впоследствии и к незапланированному взрыву. В статье приведены результаты исследования основных характеристик взрываемости аэрозвесей – нижний концентрационный предел (НКП) и верхний концентрационный предел (ВКП). Представлены зависимости НКП от дисперсности для некоторых ВВ, даны экспериментальные значения НКП и ВКП для некоторых аэрозолей, которые позволяют контролировать безопасность ведения взрывных работ на предприятиях горнодобывающей промышленности.

Ключевые слова: электризация, воспламенение, температура, концентрация, незапланированный взрыв, мощность искры.

Широкое применение пневматического способа заряжения гранулированных взрывчатых веществ (ВВ) на предприятиях горной промышленности указывает на необходимость экспериментальных исследований пирофорности и взрываемости промышленных ВВ и их составляющих. Наряду с преимуществами этого способа (увеличении плотности заряжения, повышении производительности труда, возможности использования более дешевых ВВ) имеются некоторые недостатки. Проблема заключается в том, что процесс пневмозаряжения взрывных полостей сопровождается возникновением в зарядном шланге электрических полей различных знаков, что ведет к возникновению разряда с выделением определенного

количества теплоты, которого может быть достаточно для воспламенения взрывчатого вещества, ведущего к незапланированному взрыву. Чтобы судить о безопасности наводимых зарядов статического электричества, необходимо исследовать главные характеристики, ведущие к воспламенению ВВ. Основными параметрами пирофорности аэродисперсных смесей являются нижний и верхний концентрационные пределы (НКП), (ВКП) и минимальная энергия воспламенения.

Достаточно сложно определить достоверность критериальных величин НКП, ВКП и минимальных энергий воспламеняемости аэровзвесей, сопоставление с которыми параметров электростатического поля наэлектризованного потока ВВ представило бы реальную картину возможности воспламенения аэровзвеси в случае возникновения электрической искры внутри пневмомагистрали. Таким образом, необходимо исследовать первоочередные характеристики воспламеняемости и взрываемости воздушно-пылевых и воздушно-взрывчатых смесей ВВ в зависимости от мощности электрической искры.

Для установления НКП воспламенения аэрозоли следует так варьировать величиной мощности искры, чтобы добиться воспламенения аэровзвеси при заданной концентрации. Нижний концентрационный предел чаще всего определяется экспериментально. Так опытным путем было установлено, что НКП зависит прямо пропорционально от размера частиц аэровзвеси. Мелкодисперсные порошки имеют более низкие температуры воспламенения и НКП, выше скорость нарастания давления и величину максимального давления. На рис. 1 показана эта зависимость для порошка алюминия, на рис. 2 — для железного порошка. Экспериментальные данные по НКП весьма противоречивы, поскольку определения проводили по различным методикам и при этом не учитывали та-

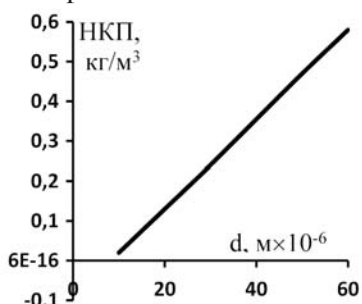


Рис. 1. Зависимость НКП воспламенения порошка алюминия от диаметра его частиц

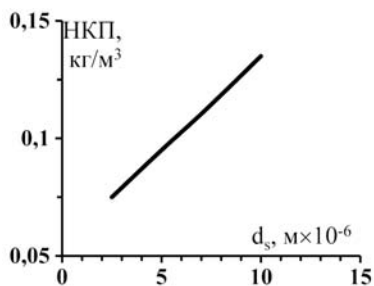


Рис. 2. Зависимость НКП железного порошка от его дисперсности

НКП и ВКП кг/м³ воспламенения аэрозвесей компонентов промышленных гранулированных ВВ

Тип	Алюминий	Соляровое масло	NH ₄ NO ₃
Дисперсность d , м·10 ⁻³	0,050	0,150	аэрозоль
НКП	0,032	3,900	оплавление
ВКП	1410	630	—

ких важных характеристик порошков, как дисперсный состав, степень окисленности и др. Следует отметить, что в опубликованной литературе отсутствуют четкие критерии для оценки НКП. В некоторых работах в качестве НКП принимают концентрацию, при которой избыточное давление равно $0,15 \cdot 10^5$ Па, за НКП принимается концентрация, при которой пламя от источника воспламенения распространяется по всему объему или значение концентрации, при которой величина приращения давления при воспламенении порошка не превышает 500 Па.

Не менее важным параметром оценки воспламеняемости аэрозолей является верхний концентрационный предел (ВКП). ВКП аэрозвесей определится из условия стабильного прекращения воспламенения двухфазной системы от некоторой минимальной мощности искры при известной дисперсности твердой фазы. Так как достаточно трудно получить равномерную и высококонцентрацию, данных о ВКП немного. Определению ВКП угольной пыли в лабораторных условиях посвящены лишь

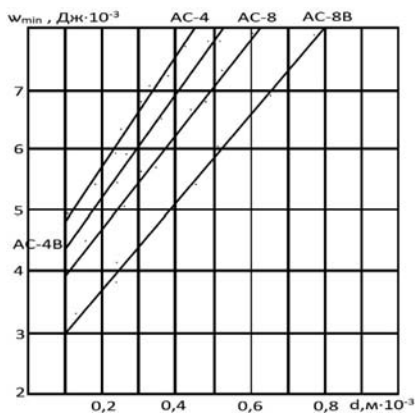


Рис. 3. График зависимостей минимальной энергии воспламенения аэрозвесей гранулитов концентрации $K = 140$ кг/м³ от диаметра их частиц d

единичные работы. Наряду с экспериментальным методом, существует и расчетный способ нахождения ВКП: термохимический и калорийный. Данные, вычисленные теоретическим методом, отличаются от данных, определенных экспериментальным путем, поскольку учет потерь расчетным путем не осуществим. В таблице приведены результаты исследования аммиачной селитры, алюминиевой пудры и солярового масла, являющиеся составными частями промышленных ВВ.

Наряду с НКП и ВКП, важным показателем взрывоопас-

ности является минимальная энергия воспламенения. Это энергия, выделение которой даже за незначительный отрезок времени (например в виде искры электрического происхождения) способно воспламенить аэровзвесь. Если энергия, выделяющаяся в разрядном промежутке, превзойдет величину минимальной энергии воспламенения аэровзвеси транспортируемого ВВ, произойдет воспламенение с возможной последующей детонацией. Вероятность воспламенения ВВ определяется величиной энергии, выделяющейся в объеме аэровзвеси, а также теплопроводностью потока аэрозоли. Экспериментально была установлена зависимость минимальной энергии воспламенения от крупности частиц (рис. 3) и их концентрации (рис. 4).

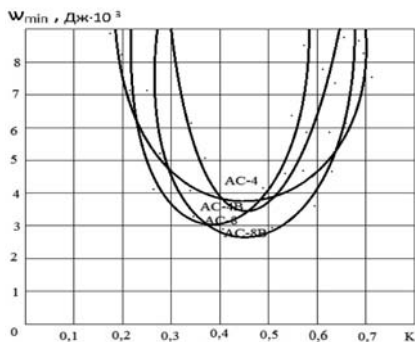


Рис. 4. Зависимость минимальной энергии воспламенения W_{min} аэровзвесей гранулитов от концентрации K аэровзвесей (дисперсность ВВ $d = (0,16-0,25) \cdot 10^{-3}$ м).

Анализ теоретических и экспериментальных материалов, позволяет установить критические значения минимальной энергий воспламенения, нижнего и верхнего концентрационного пределов взрываемости аэродисперсных смесей, что позволяет существенно повысить безопасность ведения горных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белин В. А., Кутузов Б. Н., Ачеева Э. А. Снижение интенсивности и вероятности воспламенения взрывчатых аэровзвесей при пневмозаряджании // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2014. — № 5. — С. 266–272.
2. Шелехов П. Ю., Ачеева Э. А. Механизированное зарядание взрывных полостей гранулированными взрывчатыми веществами в горных условиях Северного Кавказа // Устойчивое развитие горных территорий. — 2011. — № 3. — С. 91–94.
3. Ачеева Э. А. Зависимость параметров электростатического поля в зарядном шланге от скорости транспортирования при пневмозаряджании гранулированными ВВ // Уголь. — 2013. — № 8. — 100 с.
4. Шелехов П. Ю., Ачеева Э. А., Баликоева М. С. Аналитические основы безаварийной технологии пневмозаряджания взрывных полостей гранулированными взрывчатыми веществами // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2012. — № 5. — С. 275–279.
5. Шелехов П. Ю., Ачеева Э. А., Баликоева М. С. Исследование пиропорности аэровзвесей при пневмозаряджании взрывных полостей россыпными взрывчатыми веществами // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2012. — № 8. — С. 117–121. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Белин Владимир Арнольдович – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой, НИТУ «МИСиС», e-mail: BVAMGGU@mail.ru,

*Ачеева Элина Асламбековна*¹ – кандидат технических наук, доцент, e-mail: elina.acheeva@mail.ru,

*Гетоева Елена Юрьевна*¹ – кандидат технических наук, e-mail: vladaialana@mail.ru

¹ Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет).

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 4, pp. 26–30.

UDC
622.235.32:
658.011.54

V.A. Belin, E.A. Acheeva, E.Yu. Getoeva

STUDY PIROFORNOSTI PELLETTED EXPLOSIVES PNEUMATIC TRANSPORTATION

The pneumatic method of portage and loading of explosive cavities provides high economic efficiency due to the increase of closeness of loading of shpurov and mining holes and allows to use cheap VV. But, besides advantages, there are some failings. In the process of motion in a charge hose the stream of granular VV is electrified, forming the areas of different signs. It conduces to the origin of electric digit with the selection of several of heat. In the total temperature of aerodredge of povyvshaetsya, that can result in a self-ignition, and afterwards and to the unplanned explosion. The results of research of basic descriptions of explosibility of aerodredges – lower concentration limit (NKP) and top concentration limit (VKP) are resulted in the article. Presented according the NPC from dispersion for some CENTURIES, given the experimental values of the NPC and the VKP for some aerosols, which allow you to control the safety of blasting at the enterprises of mining industry.

Key words: electrization, ignite, temperature, concentration, pnevmoloading, unplanned explosion, power sparks.

AUTHORS

Belin V.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Chair, e-mail: BVAMGGU@mail.ru,

National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia,

*Acheeva E.A.*¹, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, e-mail: elina.acheeva@mail.ru,

*Getoeva E. Yu.*¹, Candidate of Technical Sciences, e-mail: vladaialana@mail.ru,

¹ North Caucasus Mining-and-Metallurgy Institute (State Technological University), 362021, Vladikavkaz, Republic of North Ossetia-Alania, Russia.

REFERENCES

1. Belin V.A., Kutuzov B. N., Acheeva E. A. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2014, no 5, pp. 266–272.

2. Shelekhov P. Yu., Acheeva E.A. *Ustoychivoe razvitiye gornykh territoriy*. 2011, no 3, pp. 91–94.

3. Acheeva E. A. *Ugol'*. 2013, no 8, 100 p.

4. Shelekhov P. Yu., Acheeva E. A., Balikoeva M. S. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2012, no 5, pp. 275–279.

5. Shelekhov P. Yu., Acheeva E. A., Balikoeva M. S. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2012, no 8, pp. 117–121.