

При переходе импульса с меньшего сечения на большее, относительного перемещения витков резьбы меньшего и большего сечений не происходит. Таким образом, в этом случае межвитковое взаимодействие отсутствует, а отраженная волна напряжения сжатия увеличивает напряжение в теле передающего удар элемента с меньшей площадью поперечного сечения. Поэтому износ резьбовых соединений в колонковых трубах и коронках незначителен.

Таблица. Значения напряжения сжатия и напряжения растяжения от отношения площадей поперечных сечений наковальни и колонковой трубы.

r	$\sigma_{сж}$, Па	$\sigma_{р}$, Па
0,1	$9,73 \cdot 10^5$	—
0,2	$7,93 \cdot 10^5$	—
0,4	$5,09 \cdot 10^5$	—
0,6	$2,98 \cdot 10^5$	—
0,8	$1,32 \cdot 10^5$	—
1,0	0	0
1,25	—	$1,32 \cdot 10^5$
1,67	—	$2,98 \cdot 10^5$
2,5	—	$5,09 \cdot 10^5$
5,0	—	$7,93 \cdot 10^5$
10	—	$9,73 \cdot 10^5$

Используя эту методику, с учетом прочностных характеристик деталей, можно подобрать оптимальную конструкцию основных узлов и деталей гидроударников и колонковых наборов, соединяющихся резьбами. Так, усовершенствованный буровой снаряд с гидроударником диаметром 108 мм успешно прошел испытания в Коммунарской ГРЭ (ПО «Луганскгеология») и в Ухтинской ГРЭ (Коми). Моторесурс подобранных резьбовых соединений увеличился в 2–3 раза.

© Пилипец В.И., Макарова Е.В., 2001

УДК 622.235

Швагер Н.Ю. (КТУ)

РЕГУЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Известно, что буровзрывные работы являются одним из наиболее трудоемких процессов подземной добычи полезных ископаемых, удельный вес которых в себестоимости добытой руды составляет 42–48%. Поэтому повышение эффективности взрывного разрушения является весьма важным фактором снижения себестоимости добытой руды и повышения эффективности производства.

Большинство ученых пришли к единому мнению, что разрушение среды взрывом происходит в результате совместного воздействия на нее волновой энергии и давления газообразных продуктов детонации. Согласно Ф.А.Бауму [1] 40–60% потенциальной энергии заряда взрывчатого вещества трансформируется при взрыве в волновую. В последнее время значительное внимание уделяется вопросам распределения и затухания этой энергии в среде, а также влияния физических свойств горных пород на характер и интенсивность их разрушения взрывом.

Очевидно, что для повышения эффективности взрыва необходима взаимосвязка энергетических характеристик взрывчатых веществ (ВВ) с физическими свойствами взрываемых пород. Наиболее просто взаимосвязку осуществлять, используя такие параметры системы «ВВ–порода», как скорость детонации и скорость распространения возмущений в среде. Многообразие свойств горных пород обуславливает многообразие энергетических характеристик ВВ для того, что бы процесс разрушения горных пород взрывом в различных горно-геологических условиях протекал в оптимальном режиме.

Одним из основных путей повышения энергии взрывчатых веществ, а следовательно, и возможности регулирования их энергетических характеристик, является введение в их состав высококалорийных металлов, в частности, алюминия.

Известно, что введение алюминия в состав ВВ существенно повышает температуру и теплоту взрыва, но при этом снижается объем газообразных продуктов реакции. При содержании алюминия в составе ВВ 10, 15, 20, 25% объем образующихся при взрыве газов соответственно составляет 880, 754, 708, 663 л/кг, а температура взрыва — 3500, 3700, 3910, 4000°К. Максимальная теплота и температура развиваются в смеси алюминий-аммиачная селитра при содержании компонентов Al — 40,3%, NH₄ NO₃ — 59,7%, но при этом образуется всего 501,3 л/кг газообразных продуктов.

Скорость детонации алюмосодержащих ВВВ меньше, чем ВВВ без алюминия. Каждый процент увеличения содержания алюминия снижает скорость детонации в ГЛТ-А на 60–80 м/с, ГЛТ-СА на 50 м/с, а в карботолах на 100–120 м/с. Аналогичная картина наблюдается при введении алюминия в состав простейших взрывчатых смесей (ПВС).

В таблице приведены технологические показатели простейших взрывчатых смесей.

Таблица. Технологические свойства простейших взрывчатых смесей (ПВС)

№ п/п	Марка ПВС	Окислитель аммиачной селитры, %	Горючее, %	Работоспособность, м ³	Бризантность, мм	Скорость детонации, м/сек	Теплота взрыва, ккал/кг	Объем образовавшихся газов, л/кг
1	Игданит	95	ДТ-5	330	13	2,2	904	961
2	Гранулит А-6, ПА	90	ДТ-4, А-6	400–410	–	4,2–5,0	1100	869,8
3	Динамон АМ-8	89	ДТ-3, А-8	400	15	4,0	1200	828
4	Динамон АМ-10	88	ДТ-2, А-10	420	16	3,8	1290	817

Из приведенных данных видно, что добавки алюминия повышают теплоту взрыва. При этом для сохранения нулевого кислородного баланса у металлизированных ПАС снижают содержание газообразующих компонентов, аммиачной селитры и углеводородного горючего, что неизбежно приводит к уменьшению объема образующихся при взрыве газообразных продуктов детонации. Так как разрушение горных пород взрывом происходит под воздействием высокого давления газов в зарядной полости, то значительный интерес представляет вопрос, может ли повышение теплоты и температуры взрыва компенсировать уменьшение объема газообразных продуктов. Этот интерес связан с установлением оптимального содержания высококалорийных металлов в простейших взрывчатых составах. Для выяснения влияния количества высококалорийного горючего в составах ПВС на эффективность их

взрыва на шахте «Гигант» были проведены полигонные опыты. Испытывались металлизированные смеси АС-ДТ.

Эффективность взрыва оценивалась показателем взрываемости C_0 , который равен отношению максимальной глубины воронки к диаметру заряда. При этом исходили из положения, что при неизменных физических свойствах пород и диаметре колонкового заряда более высокие значения показателя взрываемости свидетельствуют о более высокой эффективности ВВ.

Результаты испытаний говорят о том, что с увеличением содержания алюминия в составе ПВС их эффективность падает. Так, при содержании алюминия 2% показатель взрываемости равен 10,5, при содержании 4%— $C_0=10$, а при содержании 8% $C_0=8$. Это объясняется тем, что при сгорании алюминия образуется твердый окисел, а рабочим телом при взрывном разрушения являются газы.

Таким образом, создание рецептуры ПВС для различных горно-геологических условий с оптимальными энергетическими характеристиками достаточно сложный и трудоемкий процесс.

Простым и целесообразным решением этой проблемы является разработка взрывчатой композиции с регулируемой в широком диапазоне энергетической характеристикой. Композиция представляет собой сочетание активирующего состава, в качестве которого используют промышленные ВВ или ПВС, и экзотермической смеси. Причем, все характеристики активирующего состава (энергетические, плотностные, скорость химического превращения) резко отличаются от таковых экзотермической смеси (ЭС). Оба указанных компонента взрывчатой композиции (ВК) при применении в подземных условиях должны иметь нулевой кислородный баланс, поэтому их смешивание возможно в любой пропорции. Это обеспечивает очень широкий диапазон регулирования энергетических характеристик ВК. По этому принципу создана композиция (авт. свид. №261 2226), компонентами которой являются промышленное ВВ и термосмесь. Термосмесь является обычным железоалюминиевым термитом, в целях удешевления которого чистые окислы железа заменены железорудным концентратом. Испытания известной ВК в институте МакНИИ показали, что при содержании в композиции 10% термосмеси скорость ее детонации, по сравнению с активирующим составом граммонитом 79/21, снижается в 2 раза и составляет 2108 м/с, а при содержании 20% величина скорости детонации равна 1269 м/с. При дальнейшем увеличении содержания термосмеси реакция взрывчатого превращения переходит в область взрывчатого горения. Резкое снижение скорости детонации обусловлено тем, что скорость горения термосмеси очень низкая, измеряемая см/сек, что оказывает отрицательное влияние на скорость реакции взрывчатого превращения композиции. По А.Ф.Беляеву [3] при давлении в 1 атм скорость горения железоалюминиевого термита равна 1,3 см/сек, а при давлении 140 атм она составляет 4,6 см/сек, причем, максимальное увеличение скорости имеет место при низких давлениях. К тому же, термосмесь имеет высокую температуру активизации. Реакция между компонентами термосмеси начинается при температуре 1000–1100°C, следовательно, необходимы значительные затраты энергии для ее активизации и начала процесса химического взаимодействия между компонентами.

Основным недостатком является то, что термосмесь является безгазовым составом, так как в результате реакции образуются твердые вещества. Поэтому введение в состав ВВ и ПВС термосмеси неизбежно приводит к снижению процентного содержания газообразующих компонентов композиции и к соответствующему снижению объема образовавшихся при взрыве композиции газов. Кроме того, термосмесь является смесью порошков различной, объемной массы, что влечет за собой расслоение компонентов, снижение стабильности состава и свойств как термосмеси, так и композиции.

Необходимо отметить также низкую водоустойчивость предложенной композиции. Поэтому необходимы дальнейшие исследования по совершенствованию состава ВК.

На сегодняшний день наиболее эффективным и экономичным способом регулирования энергетических характеристик водонаполненных простейших взрывчатых составов является изменение соотношения между высококалорийной добавкой - алюминием и водой и процентным содержанием этих добавок в составах ВВ и ПВС.

Изучая особенности детонации алюмосодержащих водонаполненных ВВ, С.А.Петров и В.Г.Кирс [2] утверждают, что полезность энергии, выделяемой алюминием, состоит в том, что выделяется она не мгновенно, а постепенно из-за разности времени прогрева и сгорания его частиц в широком диапазоне дисперсностей. Благодаря этому возрастает суммарное время воздействия взрывчатого импульса на разрушаемый объект. Вследствие существенной «подкачки» тепла и стадийности процесса детонации давление газов в зарядной полости может увеличиваться в несколько раз по сравнению с первоначальным. Увеличение давления связано с тем, что температура взрыва составов ВВВ с алюминием может достигать 5000°K , что способствует значительному расширению газообразных продуктов. По данным различных фирм США, водосодержащие взрывчатые смеси, сенсibilизированные алюминием, являются наиболее мощным из всех современных промышленных ВВ. В водосодержащих составах с алюминиевым порошком, при приблизительно нулевом кислородном балансе, каждый процент содержания алюминия увеличивает теплоту взрыва не менее, чем на 3%. Расчеты показывают [4], что при соотношении алюминия и воды 1:1 теплота реакции практически в 2 раза выше аналогичного показателя у промышленных веществ. При соотношении $\text{H}_2\text{O}:\text{Al}=2:1$ излишек выделяемого тепла составляет 4229 кДж/кг, что близко к удельной теплоте взрыва промышленных ВВ, а при $\text{H}_2\text{O}:\text{Al}=3:1$ излишек выделяемого тепла составляет 2562 кДж/кг.

В результате реакции между алюминием и водой образуются окисел алюминия и водород. Поэтому введение алюминия в состав водонаполненных ВВ и ПВС не приводит к уменьшению объема образовавшихся при взрыве газов. Их объем изменяется от 894 до 927 л/кг. При этом объем нетоксичных газообразных продуктов детонации (паров воды и водорода) составляет 68% от общего объема образовавшихся газов.

Показано, что единственным ограничением по количеству вводимой в композицию воды является ее консистенция. Именно это обуславливает необходимость дальнейших поисков рациональных составов композиции с регулируемыми в широком диапазоне характеристиками.

Библиографический список

1. Баум Ф.А. Процессы разрушения горных пород взрывом // Сб. «Взрывное дело» — М.: Госгортехиздат, 1963. — №52.9. — С.32–41.
2. Ханукаев А.Н. Опыт применения бестротилового водосодержащего ВВ в промышленных условиях // Ленинградский горный институт. Труды, т.99. — 79 с.
3. Беляев А.Ф. Горение, детонация и работа взрыва конденсированных систем. — М.: Наука, 1963. — 251 с.
4. Швагер Н.Ю. Повышение безопасности и эффективности взрывных работ при проведении горных выработок // Сб. Разработка рудных месторождений. — Кривой Рог, 1997. — Вып.61. — С.54–59.

© Швагер Н.Ю., 2001