



УКРАЇНА

(19) UA (11) 12846 (13) U  
(51) МПК (2006)  
E21F 5/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

### (54) СПОСІБ ПИЛОГАЗОПРИГЛУШУВАННЯ ПРИ МАСОВИХ ВИБУХАХ У КАР'ЄРАХ

1

2

(21) u200502740

(22) 25.03.2005

(24) 15.03.2006

(46) 15.03.2006, Бюл. № 3, 2006 р.

(72) Тишук Володимир Юрійович

(73) УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЇ В ГІРНИЧОРУДНІЙ ТА МЕТАЛУРГІЙНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

(57) Спосіб пилогазоприглушення при масових вибухах у кар'єрах, що включає операції по формуванню зовнішньої забійки на поверхні блока і внутрішньої забійки в свердловинах із порід фракцій 0-10 мм, які потім зволожуються пилогазоприглушувальним розчином до максимальної молеку-

лярної вологості, при цьому товщина шару порід на поверхні блока приймається за умови  $h \geq 0,01H$ , де  $h$  - товщина шару порід на поверхні блока (м),  $H$  - висота блока (м), що підривається, а висота шару порід в свердловині взята 3-5м, який відрізняється тим, що над кожною свердловиною, в зоні пластичних деформацій, яка дорівнює 4-8 радіусу свердловини, формують додатковий шар товщиною 0,2-0,3м із порід фракції 0-10мм, який зволожують пилогазоприглушувальним розчином, при цьому над сформованим другим шаром порід розміщують поліетиленові капсули або рукави, які заповнюють коагулянтном з витратами, які становлять 30-50л на одну свердловину.

Корисна модель відноситься до гірничорудної промисловості і може бути використана для боротьби з пилом і шкідливими газами, що виділяються під час проведення вибухових робіт у кар'єрах при підірванні гірничої маси.

Відомий спосіб пилогазоприглушення при масових вибухах у кар'єрах, вибраний в якості прототипу, який полягає в тому, що спосіб включає операції формування зовнішньої забійки на поверхні блока і внутрішньої забійки в свердловинах із порід фракцій 0-10мм, які потім зволожуються пилогазоподавляючим розчином до максимальної молекулярної вологості, при цьому товщина шару порід на поверхні блоку приймається із умови

$h \geq 0,01H$ ,

де:  $h$  - товщина шару порід на поверхні блоку (м),

$H$  - висота блоку, що підривається (м), а висота шару порід в свердловині прийнята 3-5м, [Патент України №21793 опубл. 30.04.98. Бюл. №2].

Недоліком відомого винаходу є те, що він недостатньо ефективний для пилогазозаглушення при масових вибухах, так як основний об'єм пилу та газу виділяється в атмосферу не з усього блоку порід, що підривається, а із зони пластичних де-

формацій на блоці (зони переподрібнення), що розташована в межах 4-8 радіусів від заряду свердловини по всій його висоті.

Задачею корисної моделі є удосконалення способу пилогазозаглушення при масових вибухах у кар'єрах за рахунок того, що включається операція по формуванню на поверхні блоку, над кожною свердловиною, в зоні пластичних деформацій, яка дорівнює 4-8 радіуса свердловини, додаткового шару товщиною 0,2-0,3м, із порід фракції 0-10мм, який зволожують пилогазоподавляючим розчином. При цьому, над сформованим другим шаром порід розміщують поліетиленові капсули або рукави, які заповнюють коагулянтном з витратами, які становлять 30-50л на одну свердловину.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що спосіб пилогазоприглушення при масових вибухах у кар'єрах, що включає операції формування зовнішньої забійки на поверхні блоку і внутрішньої забійки в свердловинах із порід фракцій 0-10мм, які потім зволожуються пилогазоподавляючим розчином до максимальної молекулярної вологості, при цьому товщина шару порід на поверхні блоку приймається із умови

$h \geq 0,01H$ ,

де:  $h$  - товщина шару порід на поверхні бло-

(19) UA (11) 12846 (13) U

ку (м),

$H$  - висота блоку, що підривається (м), а висота шару порід в свердловині прийнята 3-5м.

Згідно з корисною моделлю спосіб додатково включає операцію по формуванню над кожною свердловиною в зоні пластичних деформацій, яка дорівнює 4-8 радіуса свердловини додаткового шару товщиною 0,2-0,3м із порід фракції 0-10мм, який зволожують пилогазоподавляючим розчином. При цьому над сформованим другим шаром порід додатково розміщують поліетиленові капсули або рукава, які заповнюють коагулянтном з витратами, які становлять 30-50л на одну свердловину для подальшого зв'язування пилу, що здійснюється в атмосферу після вибуху.

Заявлений спосіб реалізується наступним чином.

Породи фракції 0-10мм завантажуються в спеціальні машини і доставляються в кар'єр на поверхню блоку порід, що підлягає підриванню. На блоці проводиться заповнення цими породами свердловин, а також розміщення їх по поверхні всього блоку шаром 100-300мм. Після цього на площі, що прилягає до свердловин навкруги їх, в радіусі приблизно 1м, проводиться формування порід другого шару товщиною 200-300мм. Потім виконується операція по зволоженню порід пилогазоподавляючим розчином до максимальної молекулярної вологоємкості. На сформованому другому шарі розташовують поліетиленові капсули або поліетиленові рукава і проводиться заповнення їх коагулянтном. Ці процеси здійснюються за одну добу до вибуху.

Безпосередньо за 2-3 години до вибуху з допомогою гідромоніторних поливальних машин з далекобійністю струменю 70-80м проводиться зволоження поверхні всього блоку пилогазоподавляючим розчином з витратами 5-7л/м<sup>2</sup>. Витрати 5-7л/м<sup>2</sup> обумовлені тим, що розчин в даному випадку зволожує шар порід на глибину приблизно 10мм. А в стаціонарних умовах в сухий жаркий період року на глибину до 10мм буде відбуватися висихання подрібнених порід до повітряно-сухого стану.

Доцільність виконання указаних операцій, та числові значення їх параметрів обумовлені газодинамічними та термодинамічними факторами пилогазового потоку, які викладені нижче.

Після підривання вибухівки, гази, що утворюються, мають велику теплову енергію. Наприклад, теплота вибуху аміачної селітри становить 1425кДж/кг [Гущин В.И., Задачник по взрывным работам, М.: Недра, 1998, С.8]. Дані наведені в роботі [Проблемы экологии массовых взрывов в карьерах / Э.И.Ефремов, П.В.Бересневич, В.П.Петренко и др. - Днепропетровск: Січ, 1996, С.32] свідчать, що приблизно 10% величини енергії газів після вибуху виноситься в атмосферу.

Виходячи з цього і виникає доцільність формування на поверхні блоку порід, що підривається, захисного екрану товщиною 0,1-0,3м з дрібнодисперсних частинок порід, а в зоні пластичних деформацій, звернувши цього шару, додатковий шар товщиною 0,2-0,3м з цих порід.

Вибрана товщина екрану обумовлена наступними розрахунками.

Температура газів після проходження через захисний екран визначається за формулою наведеною в роботі [Проблемы экологии массовых взрывов в карьерах / Э.И.Ефремов, П.В.Бересневич, В.П.Петренко и др. - Днепропетровск: Січ, 1996, С.30]:

$$T_r = T_r - (T_r - T_0) \exp\{-3at/(r_t \cdot p_t \cdot C_T)\}, K$$

де:  $T_r$  - температура газової фази після вибуху, К;

$T_0$  - температура твердої фази, К;

$a$  - коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$t$  - час контакту газу з забійкою, с;

$r_t$  - радіус твердої частинки захисного екрану, м;

$p_t$  - щільність твердої частинки, кг/м<sup>3</sup>;

$C_T$  - теплоємність частинки, Дж/(кг·К).

Значення параметрів приймаємо із роботи [Проблемы экологии массовых взрывов в карьерах / Э.И.Ефремов, П.В.Бересневич, В.П.Петренко и др. - Днепропетровск: Січ, 1996, С.29-32].

$T_r = 2500^\circ K$ ;  $T_0 = 300^\circ K$ ;  $a = 1520 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  $t = 0,05 \text{ с}$ ; частинки порід приймаємо монодисперсними з радіусами  $r_t = 0,003 \text{ м}$  і  $r_t = 0,005 \text{ м}$ ;  $p_t = 2500 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;  $C_T = 800 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ .

В результаті розрахунків одержали:

$$r_t = 0,003 \text{ м}; T_r = 384^\circ K; \Delta T = T_r - T_0 = 384^\circ - 300^\circ = 84^\circ K;$$

$$r_t = 0,005 \text{ м}; T_r = 350^\circ K; \Delta T = T_r - T_0 = 350^\circ - 300^\circ = 50^\circ K.$$

Теплові витрати, що затрачені на нагрів твердої фази визначаємо по формулі:

$$Q_T = m_T C_T \Delta T,$$

де:  $m_T$  - маса твердої фази на поверхні блоку, кг, що становить:

$$\text{при } r_t = 0,003 \text{ м}; Q_T = 1 \cdot 800 \cdot 84 = 67200 \text{ Дж} = 67,2 \text{ кДж};$$

$$\text{при } r_t = 0,005 \text{ м}; Q_T = 1 \cdot 800 \cdot 50 = 40000 \text{ Дж} = 40 \text{ кДж}.$$

При свердловині довжиною 10п.м. і діаметрі 0,25м, щільності вибухівки  $\rho = 1 \text{ т}/\text{м}^3$  і теплоті вибуху 1425кДж/кг сумарно теплота вибуху становить при 0,49т вибухівки в свердловині - 698250кДж.

З урахуванням вище наведеного, приймаючи що енергія газів, яка надходить в атмосферу після вибуху становить близько 10% від фактично утвореної енергії вибуху, кількість твердої маси для поглинання цієї теплової енергії буде становити:

$$\text{для порід з розміром частинок } r_t = 0,003 \text{ м};$$

$$m_T = 69825/67,5 = 1039 \text{ кг} = 0,42 \text{ м}^3$$

$$\text{для порід з розміром частинок } r_t = 0,005 \text{ м};$$

$$m_T = 69825/40 = 1745 \text{ кг} = 0,69 \text{ м}^3.$$

При радіусі навколо свердловини рівному 1м товщина шару пилогазопоглинаючого екрану при  $r_t = 0,0003 \text{ м}$  становить 0,133м; при  $r_t = 0,005 \text{ м}$  становить 0,219м.

Розрахунки виконано для свердловинного заряду довжиною 10м.

Враховуючи, що свердловинний заряд може бути більшої довжини, а також те, що в атмосферу може виділятися більше 10% енергії газів від фактично утвореної енергії вибуху товщину двохшарового пилогазоподавляючого екрану доцільно збільшити до 0,5-0,6м.

Використання захисного екрану дозволяє змінити газодинамічні параметри викидів продуктів вибуху за рахунок зниження швидкості вильоту продуктів вибуху із свердловини та з зони пластичних деформацій.

Розглянемо характер руху пилогазового пото-

ку з підірваної гірничої маси на основі теорії повітряних струменів. В даному випадку пилогазовий струмінь розповсюджується в середовищі з іншими фізичними параметрами і властивостями ніж у нього (температура, щільність, наявність твердих домішок). Основними вихідними даними приймаємо, що струмінь вільний і розповсюджується в безмежному середовищі, яке є нерухомим. За видом енергії, витраченої на утворення струменя, це є механічний, конвективний струмінь. По ступеню дії оточуючого середовища на характер руху струменя - він є вільним і режим його руху турбулентний.

Пилогазовий потік при вильоті його з масиву характеризується високими рівнями газодинамічних параметрів - вертикальними і горизонтальними складовими динамічного тиску потоку в повітрі ( $P_v$  і  $P_r$ ). Величина динамічного тиску потоку по вертикалі може бути визначена по формулі:

$$P_v = \rho_n V_0^2 \sin^2 \alpha_3 / 2$$

де:  $\rho_n$  - щільність потоку,  $\text{кг/м}^3$ ;

$V_0^2$  - вертикальна складова швидкості потоку,  $\text{м/с}$ ;

$\alpha_3$  - кут вильоту потоку, град. (приймається  $90^\circ$ ).

Експериментальні дані інших авторів, представлені в літературних джерелах свідчать, що щільність потоку в початковій фазі може досягати  $500 \text{ кг/м}^3$ , а швидкість потоку досягає  $100-200-300 \text{ м/с}$ . Виходячи з цього, динамічний тиск потоку у вертикальному напрямку буде становити:

$$P_v = 500 \cdot 10000 / 2 = 5000000, \text{ Па (5 МПа)}$$

$$P_v = 500 \cdot 40000 / 2 = 10000000, \text{ Па (10 МПа)}$$

$$P_v = 500 \cdot 900000 / 2 = 22500000, \text{ Па (22,5 МПа)}$$

Динамічний тиск у горизонтальному напрямку визначається по формулі:

$$P_r = \rho_n \sqrt{H_0 g} (V_0^2 - 2H_0 g) / 2, \text{ Па}$$

$$P_r = 2500 \cdot \sqrt{80 \cdot 9,8} (10000 - 2 \cdot 80 \cdot 9,8) / 2 = 4545151, \text{ Па (4,5 МПа)}$$

$$P_r = 2500 \cdot \sqrt{80 \cdot 9,8} (40000 - 2 \cdot 80 \cdot 9,8) / 2 = 9703525, \text{ Па (9,7 МПа)}$$

$$P_r = 2500 \cdot \sqrt{80 \cdot 9,8} (90000 - 2 \cdot 80 \cdot 9,8) / 2 = 14719320, \text{ Па (14,7 МПа)}$$

Тиск, що чинять породи захисного екрану на поверхню, складає  $0,12 \text{ МПа}$ .

Після вибуху газодинамічний потік з підірваної гірничої маси здатен підняти породи захисного екрану над поверхню блоку. Після вибуху пилогазовий потік спочатку швидкоплинне, протягом  $0,05 \text{ с}$  контактує з нерухомим шаром пилогазоподавляючого екрану, де відбувається перша стадія процесу пилогазоподавлення, а також теплообміну між гарячими газами і холодними частинками порід екрану, які мають температуру близьку до температури повітря у кар'єрі. Наштовхнувшись на екран газодинамічний потік втратить певну величину своєї швидкості. Проте, як видно з вище представлених розрахунків, динамічний тиск газового потоку у вертикальному і горизонтальному напрямках значно перевищує тиск, який чинять породи захисного екрану на поверхні блоку. В результаті захисний екран буде здійснений вгору над поверхню блоку під дією пилогазового потоку. Але в даному випадку пилогазовий потік буде

вступати в контакт з подрібненими породами, які в динамічних умовах будуть взаємодіяти з пилогазовими викидами. Подрібнені породи екрану, що зволожені пилогазоподавляючим розчином, ввійдуть в дотик з пилогазовим потоком, де буде відбуватися друга стадія процесу пилогазоподавлення. В цей же час енергією подрібнених частинок порід будуть зруйновані поліетиленові капсули з коагулянтном, який перейде в диспергований стан над поверхню блоку. При взаємодії пилового потоку з коагулянтном буде відбуватися подальша коагуляція пилу в більшій конгломераті, які не здатні знаходитися в повітрі в завислому стані, що призведе до їх осадження в кар'єрі і тим самим буде попереджено їх виніс за межі кар'єрного простору в атмосферне повітря.

Згідно законів аеродинаміки пилогазовий потік, взаємодіючи з частинками порід екрану, що піднялися в атмосферу, втрачає свою швидкість за рахунок обміну імпульсами між пилогазовим струменем і частинками порід екрану, які рухаються в протилежному напрямку до поверхні блоку. В результаті, маса струменя, що здійснюється збільшується, проте швидкість його падає, ядро швидкості звужується, поки повністю не зникне і струмінь почне плавно розповсюджуватися в горизонтальному напрямку. Пилові конгломерати при цьому, поступово осяднуть в кар'єрі. В результаті, буде попереджено розповсюдження пилу в кар'єрному просторі, а також винесення його за межі кар'єру.

Проведемо обґрунтування необхідного об'єму порід захисного екрану на поверхні блоку, що підривається вибухом.

Розрахунки показують, що він буде становити приблизно  $0,5 \text{ м}^3$  для кожної свердловини ( $1250 \text{ кг}$ ).

Кількість пилу, яка виділяється з блоку при підриванні однієї свердловини можна з достатньою вірогідністю розрахувати за формулою [Конорев М.М., Нестеренко Г.Ф. Вентиляция и пылегазоподавление в атмосфере карьеров. - Екатеринбург: ИГД УрО РАН. -2000. -С.241]:

$$M_{\text{пгх}} = P_{\text{гн}} (1 - 1/k^2) \zeta (d_n/D_k) V_{\text{бл}}, \text{ кг}$$

де -  $\rho_{\text{гн}}$  - щільність гірничих порід,  $\text{кг/м}^3$ ;  $k$  - коефіцієнт розпушення гірничих порід -  $1,3$ ;

$\zeta$  - безрозмірний коефіцієнт, що залежить від структури і механічних властивостей порід, (приймається рівним  $1$ );

$d_n$  - середній розмір пилинок,  $\text{м}$ ;

$D_k$  - середній розмір куса в підірваному блоці,  $\text{м}$

$V_{\text{бл}}$  - об'єм блоку, що підривається,  $\text{м}^3$ .

Розрахунки за формулою показують, що кількість пилу, що здійснюється з блоку при підриванні однієї свердловини становить близько  $250 \text{ кг}$ . Тобто, на  $1 \text{ кг}$  пилу приходить  $5 \text{ кг}$  подрібнених порід екрану, що є достатньою кількістю для ефективного пилогазоподавлення.

Заявлений спосіб в порівнянні з відомим дозволить підвищити ефективність пилогазоаглушення при масових вибухах у кар'єрах, що попередить інтенсивне забруднення атмосфери робочих зон кар'єрів та атмосферного повітря навколишнього середовища і тим саме забезпечить нормальні санітарно-гігієнічні умови праці гірників та безпеку життєдіяльності населення.

