



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **21825** (13) **U**
(51) МПК
E21B 43/117 (2007.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ДУПЛЕКСНИЙ КУМУЛЯТИВНИЙ ПЕРФОРАТОР

1

2

(21) u200608971

(22) 11.08.2006

(24) 10.04.2007

(46) 10.04.2007, Бюл. № 4, 2007 р.

(72) Бардін Олександр Олексійович, Бардіна Олена Олександрівна

(73) ІНВЕСТИЦІЙНЕ ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПІДПРИЄМСТВО "ГЕОІД"

(57) Дуплексний кумулятивний перфоратор, що включає корпус, в якому розміщена шашка вибухової речовини з профільованою порожниною, покритою облицюванням, і проміжний детонатор, розміщений симетрично осі шашки вибухової речовини, який **відрізняється** тим, що в його корпусі

розміщені основна і додаткова кумулятивні лійки з оберненими геометричними параметрами твірних, які є фрагментами поверхні четвертого порядку, а також основний кумулятивний бризантний заряд, збагачений сполуками важких металів, і додатковий обтискний кумулятивний бризантний заряд, відокремлений від основного додатковою кумулятивною лієюю, які мають різну швидкість детонації, що зменшується від центру основного заряду до периферії додаткового заряду, причому кумулятивні лійки з відповідними їм зарядами виконані сумісними так, що додаткова кумулятивна лійка облягає основну.

Корисна модель відноситься до прострілювально-вибухової апаратури, а конкретно до кумулятивних перфораторів, які застосовуються для розкриття продуктивних пластів в нафтових і газових свердловинах.

Відомий пристрій для перфорування свердловин, що включає корпус, детонуючий шнур, та заряд вибухової речовини з профільованою порожниною, покритою облицюванням у вигляді конічної кумулятивної лійки, установлений з зазором з боку детонуючого шнура, який має конструктивний компонент виготовлений з високочувливої вибухової речовини, сприймаючої первинну ініціацію від детонаційного шнура [деклараційний патент UA №62622A, МПК7 E21B43/117, опубл. Бюл. №12, 15.12.2003р.]. Недоліком даного перфоратора є невелика глибина кумулятивного пробоя за рахунок застосування стандартної конічної кумулятивної лійки та спрощеної форми елемента високочувливої вибухової речовини, яка не забезпечує повного використання можливостей самого принципу поєднання вибухових речовин різної швидкості детонації у єдиному заряді.

Відома також футеруюча речовина облицювання перфоратора [деклараційний патент UA №40329A, МПК7 E21B43/117 опубл. Бюл. №6 16.07.2001р.], в якій для утворення важкої кумулятивної плазми використовують добавки карбиду вольфраму. Недоліком даного винаходу є викори-

стання карбиду вольфраму тільки в якості складової матеріалу кумулятивної лійки. Додавши карбід вольфраму у вигляді порошку в сегмент заряду, який прилягає до вершини кумулятивної лійки, можна збільшити сумарну вагу кумулятивного струменя першої фази вибуху.

Відомий також, обраний за прототип, кумулятивний заряд [деклараційний патент UA №69722A, МПК7 E21B43/117, опубл. Бюл. №9, 15.09.2004р.], що включає корпус, шашку вибухової речовини з профільованою порожниною, покритою облицюванням у вигляді конічної кумулятивної лійки, та розміщений симетрично під шашкою вибухової речовини, навколо проміжного детонатора, вузол центрування детонаційної хвилі, що складається із сегментоподібного заряду з низько дисперсною вибуховою речовини, яка сприймає ініціацію від детонаційного шнура, та розміщеної в товстостінному металічному циліндрі високодисперсною вибуховою речовини, зі змінною густиною по висоті, і збільшенням її по мірі наближення до шашки вибухової речовини. Недоліком цього кумулятивного заряду є спрощена форма поширення циліндричного заряду змінної густини із закономірно змінною густиною по висоті, що не використовує усі можливості центрування детонаційної хвилі, та спричиняє можливість викривлення фронту детонаційної хвилі, яка ініціює шашку вибухової речовини. Це відбувається через відсутність безпосередньо-

(13) **U**

(11) **21825**

(19) **UA**

го конструктивного центрування, яке зв'язує кумулятивну лійку та вузол центрування детонаційної хвилі, наслідком чого є можливість викривлення фронту детонаційної хвилі при натиканні продуктів вибуху на вісь кумуляції при динамічному обжимі газової фази кумулятивного струменя.

Крім того, як відомо при кумуляції потоку газоподібних продуктів вибуху, що поширюються з поверхні заряду, який детонує, виникає концентрація енергії вибуху в порожнині, обмеженій облицюванням кумулятивної лійки, конфігурація якої (півсфера, конус, парабола, фрагмент еліпса т.п.) визначає характер формування та довжину кумулятивного струменя. При цьому, ліворуч від точки сходження газового потоку, ближче до вершини конуса кумуляції, утворюється масивний низькошвидкісний пест, у який переходить більша частина маси облицювання, яка практично не бере участі у пробитті перешкоди; а праворуч, у напрямку до розкриття лійки, утвориться високошвидкісний кумулятивний струмінь із наступними параметрами: $V_c = U \cdot \operatorname{ctg}(\alpha/2)$; $V_n = U \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2)$; $m_c = m(1 - \cos \alpha)/2$; $m_n = m(1 + \cos \alpha)/2$; $h_{np} = L(\rho_c/\rho_m)^{1/2}$, де: U - вектор швидкості обтиснення кумулятивного облицювання; V_c - швидкість кумулятивного струменя; V_n - швидкість кумулятивного песта; α - кут між протилежних сторін кумулятивної лійки; m - маса кумулятивної лійки; m_c - маса облицювання, що попадає в струмінь; m_n - маса облицювання, що попадає в пест; h_{np} - глибина пробиття перешкоди; L - ефективна довжина кумулятивного струменя; ρ_m - щільність матеріалу, що пробивається; ρ_c - щільність кумулятивного струменя. Як видно із співвідношень, чим менший кут α , тим вища швидкість кумулятивного струменя та менша її маса, і навпаки - тим менше швидкість песта і більша його маса. Практичний досвід свідчить, що діаметр кумулятивного струменя становить близько 2-13 мм, а швидкість досягає 6-8 км/с. Глибина пробиття перешкоди для реально використовуваних кумулятивних зарядів, становить 3,5-5 калібрів, тому при конструюванні заряду доцільно максимізувати калібр. Для максимізації швидкості струменя необхідно мінімізувати кут схлопування. Для максимізації маси кумулятивного струменя кут схлопування повинен бути максимально можливим, але за умови формування основної маси кумулятивного струменя зі швидкістю не менше 4,5 км/с. Ефективно вирішити усі наявні конструктивні протиріччя у рамках стандартних технічних рішень практично неможливо.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення конструкції кумулятивного заряду, збільшення його пробивної здатності, утворення в гірській породі отвору, який звужується в напрямку від основи до вершини і підвищення проникності отвору для флюїдів шляхом використання в конструкції заряду додаткової кумулятивної лійки, яка забезпечує формування двохфазового кумулятивного пострілу. Крім того, поставлено додаткове завдання забезпечити лише часткове руйнування елементів конструкції енергією вибуху і створення умов для наступних технологічних операцій.

Поставлена задача вирішується тим, що у дуплексному кумулятивному перфораторі, що вклю-

чає корпус, в якому розміщена шашка вибухової речовини з профільованою порожниною, покритою облицюванням і проміжний детонатор, розміщений симетрично осі шашки вибухової речовини, у корпусі перфоратора розміщено основну а також додаткову кумулятивні лійки, з оберненими геометричними параметрами твірних, які є фрагментами поверхні четвертого порядку, а також основний кумулятивний бризантний заряд, частково збагачений сполуками важких металів, і додатковий обтискний кумулятивний бризантний заряд, відокремлений від основного додатковою кумулятивною лійкою, які мають різну швидкість детонації, що зменшується від центру основного заряду до периферії додаткового заряду, причому кумулятивні лійки, з відповідними їм зарядами, виконані сумісними так, що додаткова кумулятивна лійка облягає основну.

У конструкцію запропонованого дуплексного кумулятивного перфоратора закладено нове технічне рішення: сполучення двох кумулятивних зарядів і двох кумулятивних лійок з оберненими геометричними параметрами у єдиній конструкції, зі спільним вузлом детонації. Конструктивна сумісність двох кумулятивних лійок з відповідними їм зарядами забезпечує двохфазовий кумулятивний вибух при якому утворення кумулятивного песту першої фази вибуху суміщається з початком формуванням кумулятивного струменя другої фази вибуху.

За рахунок цього забезпечується двохкратне формування кумулятивного струменя, при якому друга фаза вибуху формує зону радіально-кільцевих тріщин, що забезпечує частковий винос гірської породи при притоку вуглеводів та поширює камуфлетну порожнину за межі зони кальматзації.

Корисна модель пояснюється кресленнями:

На Фіг.1 зображена схема компоновки кумулятивного заряду, яка включає: - основну кумулятивну лійку змінного профілю 1, яка утворює кумулятивну порожнину з кутом α при вершині; фрагмент основного кумулятивного заряду 2, збагачений хімічними сполуками важких металів; основний кумулятивний бризантний заряд 3; високошвидкісний периферійний детонатор 4; монолітний дюралюмінієвий корпус кумулятивного перфоратора 5; захисний дюралюмінієвий ковпачок 6; додаткова внутрішня кумулятивна обойма 7; додатковий обтискний кумулятивний заряд 8; зовнішня захисна обойма з високою міцністю на розрив 9; патрубок детонаційного заряду 10; вхідний отвір для детонаційного шнура із захисною оболонкою 11, через який забезпечується загальна ініціалізація заряду.

На Фіг.2 дані пояснення динаміки розвитку вибухового процесу і перерозподілу мас між основною металевою кумулятивною лійкою 1 і збагаченою важким металом прилягаючою зоною вибухової речовини 2. Біла стрілка вказує напрям дії ініціюючого заряду. Чорна стрілка вказує напрям сформованого кумулятивного струменя. Додаткова кумулятивна лійка 7 облягає основну кумулятивну лійку 1 і розміщена всередині розділеного заряду.

Конструктивними особливостями дуплексного кумулятивного перфоратора є те, що монолітний корпус захищений від зусиль на розрив облягаючою зовнішньою захисною обоймою, яка має високу міцність на розрив за рахунок того, що виготовляється способом навивання на монолітний корпус декількох шарів з витків високоміцної нитки, з попереднім натягненням, з подальшим просоченням епоксидною смолою. Внутрішня додаткова кумулятивна лійка виготовлена з армованих вуглецевим волокном порошкових металів. Оскільки геометричні параметри внутрішньої додаткової кумулятивної лійки частково співпадають з геометричними параметрами монолітного корпусу, на першій фазі вибуху монолітний корпус і додаткова кумулятивна лійка працюють як єдина двох оболонкова конструкція. Основна кумулятивна лійка виготовлена з металевих порошкових композитів і має закономірно зростаючий до основи кут схлопування і зменшувану до вершини товщину.

За основу утворюючих конструктивних елементів при виготовленні матриць штампів прийняті фрагменти поверхні другого порядку: еліптичний параболоїд $x^2/a^2 + y^2/b^2 = 2z$, або еліпсоїд $x^2/a^2 + y^2/b^2 + z^2/c^2 = 1$. Для варіанта розглянутого на Фіг.1, у якості утворюючої поверхні основної кумулятивної лійки, для випадку поверхні що утворюється обертанням параболу навколо своєї осі, приймається поверхня четвертого порядку $z^4 = 2p^2(x^2 + y^2)$, де p є фокус параболу. У якості утворюючої поверхні додаткової кумулятивної лійки приймається поверхня четвертого порядку, яка утворюється обертанням навколо паралельної до осі у січної деякого еліпсу, центральна піввісь якого b нахилена з кутим φ до осі y і задається рівнянням: $(A \cdot (x^2 + y^2) + B \cdot z^2 + E \cdot z + F)^2 = (C \cdot z + D) \cdot (x^2 + y^2)$; де: $A = \cos^2 \varphi / a^2 + \sin^2 \varphi / b^2$; $B = \sin^2 \varphi / a^2 + \cos^2 \varphi / b^2$; $C = \sin 2\varphi \cdot (1/b^2 - 1/a^2)$; $D = 2 \cdot A \cdot c + C \cdot d$; $E = 2 \cdot A \cdot c + C \cdot d$; $F = A \cdot c^2 + B \cdot d + C \cdot c \cdot d$; де a, b - піввісь еліпсу; c, d - параметри переносу осей, які визначають зміщення січної еліпсу від дотичної.

Детонаційний заряд виготовляють з нефлегматизованої бризантної вибухівки, що має найвищу швидкість детонації із всіх включених у конструкцію вибухових речовин. Розміщений між внутрішньою поверхнею монолітного корпусу і зовнішньою поверхнею внутрішньої кумулятивної лійки обтиснений заряд має декілька меншу швидкість детонації, ніж основний заряд. Основний заряд при вершині основної кумулятивної лійки має внутрішній сегмент частково збагачений хімічними сполуками важких металів.

Вузол центрування детонаційної хвилі виготовлено у вигляді поширюючого з профільованого детонаційного патрубку ініціатора вибуху, що обрмляє базовий заряд, за рахунок чого створюється зусилля обтиснення по перпендикуляру до поверхні контакту. Конструкція перфоратора у цілому забезпечує двохкратне формування кумулятивного пострілу, з малим часом затримки, а плавний характер всіх утворюючих поверхонь сприяє, за рахунок віддачі, концентрації енергії вибуху в їх геометричному центрі. Передбачений механічний взаємозв'язок елементів конструкції у вигляді фіксуючих пазів і різьбове защемлення захисним ков-

пачком, забезпечує осьове центрування обох кумулятивних лійок, до відбиваючого вибухову хвилю монолітного корпусу, та підвищує механічну міцність на розрив у горизонтальній площині і по вертикальній осі.

Зборка кумулятивного перфоратора здійснюється за допомогою епоксидної смоли, що заповнює всі технологічні зазори конструкції, наповнювачем якої є порошкоподібні метали й окисли, що підвищує енергію вибуху, забезпечує повну герметичність та механічну монолітність конструкції. Вузол кріплення захисної обойми до стрічки гірлянди перфораторів є стандартний.

Процес формування кумулятивного пострілу розвивається у наступній послідовності. На першій фазі кумулятивного пострілу формується тонкий подовжений канал, який розширюється і отримує конічну форму на другій фазі кумулятивного пострілу. При цьому, виходячи з того, що геометричні розміри пристрою малі, у порівнянні зі швидкістю поширення детонаційної хвилі, процес двохкратної кумуляції розглядається з погляду миттєвого переходу всієї твердої вибухової речовини у стан надстисненої газової фази, при якому елементи конструкції миттєво одержують розподілене навантаження деформації при практично незмінних геометричних параметрах. Сам процес подальшої інверсії основної та додаткової кумулятивних лійок розвивається в стандартній послідовності, за тією відмінністю, що деформаційні процеси пластичного плинину матеріалу додаткової кумулятивної лійки розвиваються усередині газової фази, для якої кумулятивний потік першої фази вибуху працює як "насос", що створює відносно об'ємне розрідження в зоні вибуху за рахунок виносу продуктів вибуху у формі кумулятивного струменя. За рахунок використання двох, конструктивно сумісних, розділених додатковою кумулятивною оболонкою бризантних зарядів, з різною швидкістю детонації, забезпечується двохкратне формування кумулятивного струменя, специфічні властивості якого обумовлені тим, що основна і додаткова кумулятивна оболонка мають зворотні, закономірно змінні геометричні параметри, при яких кут схлопування основної кумулятивної лійки закономірно зростає від її вершини до основи, за рахунок чого фронт сформованого на першій фазі вибуху кумулятивного струменя має дуже високу швидкість і малу масу, а кут схлопування додаткової кумулятивної лійки закономірно зменшується від її вершини до основи, за рахунок чого фронт другої фази кумулятивного пострілу має малу швидкість і високу масу. Тому після завершенні першої фази кумулятивного пострілу друга фаза практично з'єднується з фронтом кумулятивного струменя сформованого додатковою кумулятивною оболонкою зі протилежно змінним кутом схлопування, а сформований на першій фазі кумулятивного пострілу тонкий подовжений канал пробую поширюється другою фазою пострілу системою радіально-кільцевих тріщин, що забезпечує винос роздробленої породи при виклику припливу і поліпшує приток вуглеводів.

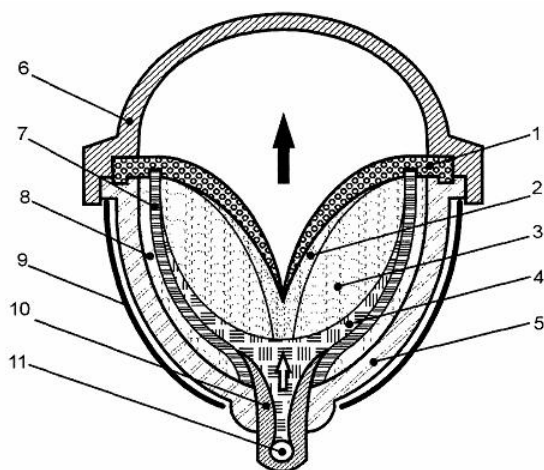
Крім того, динаміка розвитку хвилі вибухового процесу обумовлена принципово іншим співвідно-

шенням швидкостей детонації вибухових компонентів розділеного бризантного заряду, виготовленого зі стійкого при підвищених температурах октогена, рекомендованого для вибухових робіт у нафтогазових свердловинах. При цьому, швидкість детонації вибухової речовини детонаційного компонента, виготовленого з нефлематизованого октогена із щільністю близько до $1,9\text{г/см}^3$, вище швидкості детонації базового бризантного компонента, виготовленого з флематизованого гексафторпропіленом октогена, щільністю коло $1,8\text{г/см}^3$, яка, у свою чергу, суттєво вище швидкості детонації обтискового заряду, виготовленого з флематизованого окислювачем та пластичними полімерними добавками октогена, щільністю порядку $1,6\text{г/см}^3$. Швидкість детонації обваженого компоненту заряду, обрамляючого вершину кумулятивної лійки, виготовленого з нефлематизованого октогена щільністю близько до $1,9\text{г/см}^3$, частково знижена за рахунок добавок хімічних сполук важких металів. Тому, у ході поширення хвилі вибуху від вузла детонації формується двохфазовий вибух, який забезпечує послідовну вибухову інверсію кумулятивних лійок.

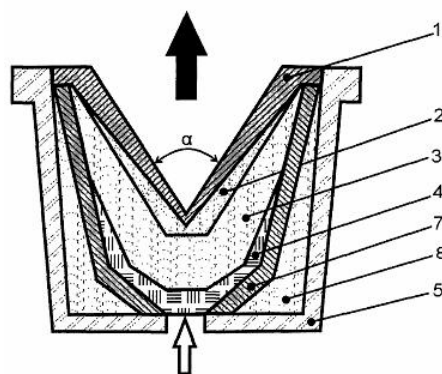
Як видно з пояснень компоновки і конфігурації конструктивних елементів пристрою, мала товщина зони стоншення кумулятивної лійки забезпечує ефективне натікання вибухової хвилі на вісь вибуху, а малий кут сходження на початку лійки забезпечує більше високу, чим у звичайних конусних лійках, початкову швидкість кумулятивного струменя. Менша маса зони стоншення кумулятивної лійки частково компенсується більшою щільністю

газової фази вибуху, за рахунок наповнювача в зоні бризантного заряду - 2. На завершальному етапі першої фази вибуху відбувається плавне зниження швидкості кумулятивного струменя, приросту її маси і підвищення швидкості песту. У зв'язку з тим, що кумулятивні лійки - 1,7 виконані з порошкових композитів, що вступають у реакцію утворення інтерметалідів, кумулятивний пест в отворі руйнується. Обтискний заряд - 8 на першій фазі вибуху відіграє роль динамічної обтискної обойми і забезпечує цілісність внутрішньої кумулятивної обойми, а на другій фазі вибуху забезпечує схлопування у кумулятивний струмінь матеріалу внутрішньої кумулятивної обойми, що забезпечує розширення вже сформованого кумулятивного отвору.

За рахунок вдосконалення конструкції перфоратору та використання кумулятивної лійки змінного профілю досягається більш повне використання продуктів вибуху (як кумулятивного струменя так і песту) викинутих з поверхні бризантного заряду, що й забезпечує досягнення задекларованих винаходом цілей. З вище наведеного видно, що широке впровадження даного пристрою може дати значний ефект, особливо в тих випадках, коли привибійна зона свердловини має обширну зону кальмататії і потребує поглибленого прострілу. Крім того, розглянута конструкція забезпечує можливість використання заряду сумарної маси суттєво більшої, ніж в стандартних кумулятивних перфораторах, що дозволяє максимізувати калібр, чим також збільшить глибину кумулятивного отвору.



Фіг. 1



Фіг. 2