



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 114353

(13) U

(51) МПК

E21C 37/18 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2016 08424**

(22) Дата подання заявки: **01.08.2016**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **10.03.2017**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **10.03.2017, Бюл.№ 5**

(72) Винахідник(и):

**Вовченко Олександр Іванович (UA),
Блащенко Олександр Дмитрович (UA),
Демиденко Лариса Юріївна (UA)**

(73) Власник(и):

**ІНСТИТУТ ІМПУЛЬСНИХ ПРОЦЕСІВ І
ТЕХНОЛОГІЙ НАН УКРАЇНИ,
пр. Богоявленський (Жовтневий), 43-А, м.
Миколаїв, 54018 (UA)**

(54) СПОСІБ ЕЛЕКТРОВИБУХОВОЇ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ

(57) Реферат:

Спосіб електровибухової обробки матеріалів, при якому попередньо визначають необхідну повну енергію високовольтного хімічного вибуху, масу екзотермічної суміші, що містить 60 % порошку алюмінію, та розміри діелектричної капсули, заповнюють екзотермічною сумішшю капсулу, в яку з протилежних боків установлюють електроди та підпалюють екзотермічну суміш струмом, що протікає через неї, при подачі на електроди імпульсів високої напруги від генератора імпульсних струмів, причому масу екзотермічної суміші M визначають із залежності:

$$M = \frac{W_{\Sigma}}{\omega_E \cdot \left[1 + \frac{\mu}{\omega_E} \right]},$$

де

W_{Σ} - повна енергія високовольтного електрохімічного вибуху, Дж;

μ - питома енергетична ефективність екзотермічної суміші, Дж/кг,

ω_E - питома електрична енергія, що виділяється на одиницю маси екзотермічної суміші, Дж/кг,

а розміри капсули визначають зі співвідношень:

$$U_3 / l \geq 2 \cdot 10^5 \text{ В/м}; D = \sqrt{\frac{2M}{\pi \cdot l \cdot \rho}}; \delta \geq \frac{1}{2} \frac{P \cdot D}{\sigma_E},$$

де

U_3 - зарядна напруга генератора імпульсних струмів, кВ,

l - довжина діелектричної капсули, м;

D - діаметр діелектричної капсули, м;

ρ - питома вага екзотермічної суміші, кг/м³;

δ - товщина стінки діелектричної капсули, м;

P - величина тиску в порожнині капсули, $P \geq 230 \cdot 10^5$ Па, за якого матеріал капсули не руйнується протягом 10^{-2} с;

σ_E - межа міцності на розтяг матеріалу діелектрика капсули, Па.

UA 114353 U

Корисна модель належить до імпульсних технологій, що використовують високовольтний електрохімічний вибух (ВЕХВ), зокрема до способів руйнування міцних ґрунтів, імпульсного деформування та інших.

Відомо "Спосіб електророзрядного руйнування монолітних ґрунтів" (патент України № 26101, МПК (2006) E21C 51/00, E21C 37/18, опубл. 10.09.2007. Бюл. № 14), що включає буріння в ґрунті шпурів, установлення в шпури ємності заповнену екзотермічною сумішшю з зануреними в неї електродами, яку підпалюють електричним розрядом при подачі на електроди імпульсів високої напруги, причому шпури пробурюють на відстані один від одного, що дорівнює сумі радіусів зон руйнування та тріщиноутворювання при підриванні екзотермічної суміші в одному шпурі, в шпури встановлюють ємності з різним співвідношенням пального та окислювача екзотермічної суміші, а як електроди використовують оголені металеві жили кабелю, нижню частину яких загинають на кут 90° , встановлюють розрядний проміжок рівним від 30 до 50 мм і закріплюють на них ємність з екзотермічною сумішшю.

Ознаками, які збігаються з суттєвими ознаками корисної моделі, що заявляється, є такі: заповнюють екзотермічною сумішшю ємність, в яку з протилежних боків встановлюють електроди та підпалюють екзотермічну суміш струмом при подачі на електроди імпульсів високої напруги від генератора імпульсних струмів.

До причин, які перешкоджають одержанню очікуваного технічного результату, слід віднести те, що ефективність згоряння таких екзотермічних сумішей низька, через те, що величина додаткового енерговиділення досягає до 30 % від потенційної енергоємності. Для підвищення ефективності згоряння екзотермічної суміші при ВЕХВ необхідно підвищити напругу U_3 та енергію генератора імпульсних струмів, що приходить на одиницю маси екзотермічної суміші. Але і в цьому випадку спосіб не забезпечує повного згоряння екзотермічної суміші, через те, що за час проходження імпульсного струму через екзотермічну суміш виникає електровибух з формуванням коротких імпульсів тиску з амплітудою у декілька сотень МПа, капсула миттєво руйнується, а величина тиску в каналі розряду та прилеглій до неї рідині різко падає (час порядку 10^{-5} с) нижче мінімального рівня тиску ($P=230 \cdot 10^5$ Па), необхідного для самопідтримної екзотермічної реакції, в результаті чого екзотермічна реакція згасає.

Найбільш близьким за сукупністю ознак до корисної моделі, що заявляється, є "Спосіб локального знеміцнення міцних ґрунтів високовольтним електрохімічним вибухом" (патент України № 104678, МПК E21C 37/18 (2006.01), опубл. 25.02.2014. Бюл. № 4), що включає буріння в ґрунті шпурів, встановлення в шпури капсули, заповненої екзотермічною сумішшю, яку підпалюють при подачі на електроди, що встановлені з протилежних кінців капсули, імпульсів високої напруги від генератора імпульсних струмів, а як електроди використовують оголені кінці двожильного кабелю, причому попередньо визначають енергію високовольтного хімічного вибуху, яка потрібна для знеміцнення ґрунтів заданої міцності та заданого радіуса знеміцнення, та вибирають масу екзотермічної суміші, використовуючи емпіричну залежність її від енергії високовольтних хімічних вибухів, а на електроди подають імпульси високої напруги з енергією від 6,0 до 7,0 кДж, які забезпечують виділення енергії при згорянні екзотермічної суміші до 500 кДж, причому використовують капсули довжиною до 0,4 м. Застосовують екзотермічну суміш, що містить 60 % порошку алюмінію і 40 % аміачної селітри.

Ознаками, які збігаються з суттєвими ознаками корисної моделі, що заявляється, є такі: попередньо визначають необхідну повну енергію високовольтного хімічного вибуху, масу екзотермічної суміші, що містить 60 % порошку алюмінію, та розміри діелектричної капсули, заповнюють екзотермічною сумішшю капсулу, в яку з протилежних боків встановлюють електроди та підпалюють екзотермічну суміш струмом, що протікає через неї при подачі на електроди імпульсів високої напруги від генератора імпульсних струмів.

До причин, що перешкоджають одержанню очікуваного технічного результату, слід віднести те, що спосіб не забезпечує ефективності згоряння такого складу екзотермічної суміші, так як розрядний струм, який протікає через екзотермічну суміш у вузькому каналі, утвореному в результаті високовольтного пробою, саме в цій області розігріває екзотермічну суміш де і відбуваються екзотермічні хімічні перетворення. Інша частина екзотермічної суміші поза зоною каналу в наслідок короткочасності розряду не встигає розігрітися та вступити в хімічну реакцію. Для підвищення ефективності згоряння екзотермічної суміші при ВЕХВ необхідно підвищити напругу U_3 та енергію генератора імпульсних струмів, що приходить на одиницю маси екзотермічної суміші. Але і в цьому випадку спосіб не забезпечує повного згоряння екзотермічної суміші, через те що за час проходження імпульсного струму через екзотермічну суміш виникає електровибух з формуванням коротких імпульсів тиску з амплітудою в декілька сотень МПа, капсула миттєво руйнується, а величина тиску в каналі розряду та прилеглій до неї рідині різко падає (час порядку 10^{-5} с) нижче мінімального рівня тиску ($P=230 \cdot 10^5$ Па),

необхідного для самопідтримної екзотермічної реакції, в результаті чого екзотермічна реакція згасає.

В основу корисної моделі, що заявляється, поставлено задачу вдосконалення способу електровибухової обробки матеріалів шляхом введення нових операцій, що дозволить

забезпечити умови для протікання екзотермічних реакцій в самопідтримному режимі, і за рахунок цього підвищити повноту згоряння екзотермічної суміші, що знаходиться в діелектричній капсулі, та забезпечити виділення додаткової теплової енергії в каналі ВЕХВ при зменшеній енергії генератора імпульсних струмів для суміші фіксованого складу.

Суть корисної моделі, полягає в тому, що у способі електровибухової обробки матеріалів, при якому попередньо визначають необхідну повну енергію високовольтного хімічного вибуху, масу екзотермічної суміші, яка містить 60 % порошку алюмінію, та розміри діелектричної капсули, заповнюють екзотермічною сумішшю капсулу, в яку з протилежних боків встановлюють електроди, та підпалюють екзотермічну суміш струмом, що протікає через неї, при подачі на електроди імпульсів високої напруги від генератора імпульсних струмів, згідно з корисною моделлю, масу екзотермічної суміші M визначають із залежності:

$$M = \frac{W_{\Sigma}}{\omega_E \cdot \left[1 + \frac{\mu}{\omega_E} \right]},$$

де

W_{Σ} - повна енергія високовольтного електрохімічного вибуху, Дж;

μ - питома енергетична ефективність екзотермічної суміші, Дж/кг,

ω_E - питома електрична енергія, що виділяється на одиницю маси екзотермічної суміші, Дж/кг,

а розміри капсули визначають зі співвідношень:

$$U_3 / l \geq 2 \cdot 10^5 \text{ В/м}; D = \sqrt{\frac{2M}{\pi \cdot l \cdot \rho}}; \delta \geq \frac{1}{2} \frac{P \cdot D}{\sigma_E},$$

де

U_3 - зарядна напруга генератора імпульсних струмів, кВ,

l - довжина діелектричної капсули, м;

D - діаметр діелектричної капсули, м;

ρ - питома вага екзотермічної суміші, кг/м³;

δ - товщина стінки діелектричної капсули, м;

P - величина тиску в порожнині капсули, $P \geq 230 \cdot 10^5$ Па, за якого матеріал капсули не руйнується протягом 10^{-2} с;

σ_E - межа міцності на розтяг матеріалу діелектрика капсули, Па.

Розкриваючи причинно-наслідковий зв'язок між ознаками способу, що заявляється, і технічним результатом, що досягається, необхідно відзначити таке.

Ознаки "масу екзотермічної суміші M визначають із залежності:

$$M = \frac{W_{\Sigma}}{\omega_E \cdot \left[1 + \frac{\mu}{\omega_E} \right]},$$

а розміри діелектричної капсули визначають зі співвідношень:

$$U_3 / l \geq 2 \cdot 10^5 \text{ В/м}; D = \sqrt{\frac{2M}{\pi \cdot l \cdot \rho}}; \delta \geq \frac{1}{2} \frac{P \cdot D}{\sigma_E},$$

дають змогу забезпечити самопідтримне горіння екзотермічної суміші, і за рахунок цього підвищити повноту згоряння екзотермічної суміші, що знаходиться в діелектричній капсулі, та виділення додаткової теплової енергії в каналі ВЕХВ при зменшеній енергії генератора імпульсних струмів для суміші фіксованого складу.

Спосіб здійснюють таким чином.

Залежно від технологічних умов визначають необхідну повну (хімічну плюс електричну) енергію W_{Σ} в каналі високовольтного електрохімічного вибуху. Використовують найбільш ефективний склад екзотермічної суміші з 60 % алюмінію (Al), який містить 15 % пудри ПАП-1 та 45 % порошку ПА-2 і забезпечує максимальну величину енерговіддачі завдяки наявності великої кількості Al пудри, що забезпечує велику поверхню згоряння. Крім того, дрібнодисперсні

частинки пудри характеризуються значно більш низькими межами згоряння за температурою та тиском, тому умови згоряння для них в каналі ВЕХВ у процесі його розширення зберігаються більш тривалий час.

Відомо (див. А.И. Вовченко, А.А. Посохов. Управляемые электровзрывные процессы преобразования энергии в конденсированных средах. Киев. Наукова думка. 1992 с. 122), що ефективність звільнення потенційної хімічної енергії визначається такими електрофізичними чинниками:

початковою напруженістю електричного поля в розрядному проміжку, $E_0 = U_3 / l$, В/м;

ω_E - питомою електричною енергією, що виділяється на одиницю маси екзотермічної суміші, $\omega_E = W_e / M$, Дж/кг.

При цьому початкова напруженість електричного поля обумовлює кількість паралельних каналів наскрізної провідності в розрядному проміжку при його високовольтному пробі, всередині яких починаються інтенсивні екзотермічні перетворення, які супроводжуються виділенням додаткової теплової енергії. Питома електрична енергія ω_E визначає кількість горючого металу (Al), нагрітого до температури плавлення, який бере участь в екзотермічних перетвореннях.

Тому для екзотермічної суміші фіксованого складу зі зростанням величин E_0 та ω_E зростає кількість речовини, що бере участь в екзотермічних перетвореннях і збільшується повнота згоряння екзотермічної суміші. Проте необхідно враховувати, що збільшення ефективності електровибухового перетворення хімічної енергії екзотермічної суміші за рахунок збільшення E_0 та ω_E пов'язане зі збільшенням енергоємності ГІС, що небажано, так як призводить до підвищення енергоспоживання.

Враховуючи вищенаведене, вибирають робоче значення ω_E та з емпіричної залежності $\mu = f(\omega_E, E)$ (див. А.И. Вовченко, А.А. Посохов. Управляемые электровзрывные процессы преобразования энергии в конденсированных средах. Киев. Наукова думка. 1992 с. 124, рис. 57) визначають μ та $E_{кр}$ для даного складу екзотермічної суміші

$E_{кр}(\omega_E) = U_3 / l \approx 2 \cdot 10^5$ В/м, оскільки збільшення U_3 / l вище критичного не дає значного збільшення величини μ .

Виходячи з величин μ , ω_E та повної енергії W_Σ , визначають масу екзотермічної суміші M із залежності:

$$M = \frac{W_\Sigma}{\omega_E \cdot \left[1 + \frac{\mu}{\omega_E} \right]}.$$

Потім, враховуючи масу екзотермічної суміші M , визначають енергію генератора імпульсних струмів, яка дорівнює: $W_0 \approx W_e = M \cdot \omega_E$.

Використання екзотермічної суміші дозволяє звести до мінімуму передпробійні втрати та наблизити до оптимального режиму виділення енергії з ємкісного накопичувача через те, що суміш, яка вводиться в розрядний проміжок одночасно є ініціатором пробі, а величина активного опору каналу розряду при цьому значно зростає. Тому можна нехтувати невірними втратами електричної енергії та вважати, що

$$W_e = C \cdot U_3^2 / 2.$$

Потім визначають довжину діелектричної капсули, яка дорівнює величині розрядного проміжку, та ємність накопичувача, виходячи з технічно припустимої величини зарядної напруги, що визначають типом використаних конденсаторів, із залежностей:

$$l = U_3 / E_{кр}, \quad C = 2 W_e / U_3^2.$$

Потім, враховуючи питому вагу екзотермічної суміші, визначають діаметр і товщину стінки діелектричної капсули зі співвідношень:

$$D = \sqrt{\frac{2M}{\pi \cdot l \cdot \rho}}; \quad \delta \geq \frac{1}{2} \frac{P \cdot D}{\sigma_E},$$

де

U_3 - зарядна напруга генератора імпульсних струмів, кВ,

l - довжина діелектричної капсули, м;

D - діаметр діелектричної капсули, м;
 ρ - питома вага екзотермічної суміші, кг/м³;
 δ - товщина стінки діелектричної капсули, м;

P - величина тиску в порожнині капсули, $P \geq 230 \cdot 10^5$ Па, за якого матеріал капсули не руйнується протягом 10^{-2} , с;

σ_E - межа міцності на розтяг матеріалу діелектрика капсули, Па.

Використовують міцний матеріал діелектричної капсули, наприклад, текстоліт, виходячи з того, що він повинен витримувати величину внутрішнього тиску в капсулі приблизно на рівні мінімального тиску, необхідного для самопідтримуючої екзотермічної реакції ($P \geq 230 \cdot 10^5$ Па) протягом часу, потрібного для згоряння порошків, в основному, це час в десятки мілісекунд.

Після цього заповнюють екзотермічною сумішшю діелектричну капсулу, в яку з протилежних боків встановлюють струмопровідні електроди. Капсулу з екзотермічною сумішшю встановлюють у міжелектродний проміжок у рідині. Після подачі високої напруги на електроди відбувається високовольтний пробій екзотермічної суміші з утворенням каналів наскрізної провідності. Розрядний струм, що протікає по цих каналах, утворює зони високих температур, всередині яких починаються інтенсивні екзотермічні перетворення, що супроводжуються виділенням додаткової теплової енергії. Тривалість прогрівання алюмінієвої пудри становить $\approx 10^{-8}$ с, тобто екзотермічна реакція починається ще в при введенні електричної енергії. Причому завдяки наявності достатньо великої кількості пудри у вибраному складі екзотермічної суміші забезпечується велика поверхня згоряння.

У процесі згоряння екзотермічної суміші всередині міцної діелектричної капсули, що не руйнується протягом 10^{-2} , с та витримує тиск $P \geq 230 \cdot 10^5$ Па, утворюються умови для протікання екзотермічних реакцій в самопідтримуючому режимі, за рахунок чого виділяється значна кількість енергії, що приводить до збільшення тривалості в каналі ВЕХВ високого надлишкового тиску в процесі його розширення. В результаті рівень тиску в каналі ВЕХВ більш довго залишається таким, при якому екзотермічні хімічні реакції протікають у самопідтримуючому режимі, що приводить до підвищення ефективності екзотермічного перетворення хімічної енергії.

Таким чином, використання способу електровибухової обробки матеріалів дозволить забезпечити умови для протікання екзотермічних реакцій в самопідтримуючому режимі, і за рахунок цього підвищити повноту згоряння екзотермічної суміші та забезпечити виділення додаткової теплової енергії в каналі ВЕХВ при зменшеній енергії генератора імпульсних струмів для суміші фіксованого складу.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб електровибухової обробки матеріалів, при якому попередньо визначають необхідну повну енергію високовольтного хімічного вибуху, масу екзотермічної суміші, що містить 60 % порошку алюмінію, та розміри діелектричної капсули, заповнюють екзотермічною сумішшю капсулу, в яку з протилежних боків встановлюють електроди та підпалюють екзотермічну суміш струмом, що протікає через неї, при подачі на електроди імпульсів високої напруги від генератора імпульсних струмів, який **відрізняється** тим, що масу екзотермічної суміші M визначають із залежності:

$$M = \frac{W_{\Sigma}}{\omega_E \cdot \left[1 + \frac{\mu}{\omega_E} \right]},$$

де

W_{Σ} - повна енергія високовольтного електрохімічного вибуху, Дж;

μ - питома енергетична ефективність екзотермічної суміші, Дж/кг,

ω_E - питома електрична енергія, що виділяється на одиницю маси екзотермічної суміші, Дж/кг, а розміри капсули визначають зі співвідношень:

$$U_3 / l \geq 2 \cdot 10^5 \text{ В/м}; D = \sqrt{\frac{2M}{\pi \cdot l \cdot \rho}}; \delta \geq \frac{1}{2} \frac{P \cdot D}{\sigma_E},$$

де

U_3 - зарядна напруга генератора імпульсних струмів, кВ,

- l - довжина діелектричної капсули, м;
 D - діаметр діелектричної капсули, м;
 ρ - питома вага екзотермічної суміші, кг/м³;
 δ - товщина стінки діелектричної капсули, м;
 5 P - величина тиску в порожнині капсули, $P \geq 230 \cdot 10^5$ Па, за якого матеріал капсули не руйнується протягом 10^{-2} , с;
 σ_E - межа міцності на розтяг матеріалу діелектрика капсули, Па.

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601