

Винахід відноситься до способів формування електричних розрядів у рідині для здійснення електророзрядних технологій, наприклад, електрогідравлічної обробки свердловин, штампування, генерування пружних коливань та інших.

Відомий спосіб здійснення електричних розрядів у рідині між розміщеними в ній протистоячими електродами, коли із робочої рідини видаляють носії струму (іони), що утворюються в процесі відтворення розрядів і зменшують її питомий опір, для чого вводять до робочої рідини активну речовину у вигляді іонообмінних смол і подають напругу на електроди (Стабилизация удельного сопротивления среды в электрогидравлических установках, В.В. Приходько, В.А. Гущик, П.И. Царенко и др. в кн.: Электрический разряд в жидкости и его применение в промышленности. - Киев: - Наукова думка, 1980. - с.246-247).

Ознаками аналогу, що збігаються з суттєвими ознаками винаходу, який заявляється, є такі: здійснення електричних розрядів у робочій рідині між розміщеними у ній протистоячими електродами, введення до робочої рідини активної речовини і подання напруги на електроди.

До причин, що перешкоджають отриманню очікуваного технічного результату при відтворенні цього засобу, слід віднести короткочасність одержуваного ефекту стабілізації вихідних параметрів розряду за рахунок збільшення питомого опору робочої рідини та відповідного зниження передпробивних витрат енергії, необхідності частішої зміни активної речовини. Спосіб неможливо використовувати для технологій із замкненими розрядними камерами малого об'єму.

Прототипом обрано спосіб ініціювання електричного розряду у воді (Патент України №19178 МПК 5 В 21 Д 26/12 от 10.04.97г., заявка №96240127 от 28.06.96г.) між розміщеними у ній протистоячими електродами, один з яких виконано у вигляді вістря, який полягає у введенні до зони розряду активної речовини і подачі напруги на електроди. При цьому активною речовиною використовують воду, питомий електричний опір якої перевищує питомий електричний опір води, в якій знаходяться електроди, а воду з підвищеним питомим електроопором подають у вигляді прошарку на поверхню електрода-вістря з температурою не менше, ніж на 5°C нижче температури води, в яку занурені електроди.

Ознаками, що збігаються з суттєвими ознаками винаходу, який заявляється, є такі: здійснення електричного розряду між поміщеними у робочу рідину протистоячими електродами, введення до робочої рідини активної речовини та подання напруги на електроди.

До причин, що заважають отриманню потрібного технічного результату при здійсненні цього способу, слід віднести те, що в міру відтворення електричних розрядів у робочій рідині, її питомий опір зменшується за рахунок утворення і накопичення в рідині провідних частинок, які утворюються в плазмі розрядного каналу. Джерелом провідних часток є також електроди, які піддаються електрохімічній ерозії, та робоча рідина, яка розкладається в процесі розрядів. Хімічний склад металевих електродів, наприклад, сталей, містить в собі широке коло активних металів, таких як магній (Mg), марганець (Mn) та інші, а також неметалів, таких як сірка (S), фосфор (P) та інші. З ними можливий широкий спектр реакцій з утворенням різних солей та кислот і, відповідно, провідних часток (іонів), зменшуючих питомий опір робочого середовища (О влиянии высокоэнергетических разрядов в воде на удельное сопротивление рабочей среды разрядных камер. П.П. Малюшевский, З.К. Кривицкая, А.З. Немировский и др. - Электронная обработка материалов, 1978, - №4. - с.40-45). Можливо також утворення в процесі розрядів азотистої і азотної кислот із розчиненого в робочій рідині повітря (Вишневы В.Б., Годованная И.Н. Электрогидравлическое разрушение оксидов / под ред. В.Н. Павлинова; Ин-т проблем материаловедения АН УССР. - Киев: Наукова думка, 1989. - С.116). Додавання води з підвищеним питомим опором сприяє збільшенню питомого опору в зоні прошарку води біля поверхні одного з електродів, але не в усьому робочому об'ємі рідини. Зменшення питомого опору робочої рідини в усьому об'ємі призводить до збільшення передпробивних витрат електричної енергії за рахунок стікання зарядів з поверхні розрядного каналу та відповідному зниженню амплітуди випромінюваних хвиль тиску аж до отримання безпробивних розрядів, що зменшує ефективність здійснення електророзрядних технологій.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення способу здійснення електричних розрядів у рідині шляхом стабілізації питомого опору робочої рідини, що дозволяє не збільшувати передпробивні втрати електричної енергії від розряду до розряду і за рахунок цього підвищити ефективність електричних розрядів для різних електророзрядних технологій.

Технічний результат досягається тим, що у способі здійснення електричних розрядів у робочій рідині між розміщеними в ній протистоячими електродами, що включає введення до рідини активної речовини та подачу напруги на електроди, згідно з винаходом, матеріал електродів вибирають із сплавів, де, як основні, містяться метали зі стандартним електродним потенціалом (за водневою шкалою) E_0 більше (-0,83)В, а як активна речовина використовують штучний розчин, наприклад, кількістю, що забезпечує в робочій рідині лужну реакцію з водневим показником рН не менше 10,2.

Вибір матеріалу електродів із сплавів, де, як основні, містяться метали з стандартним електродним потенціалом (за водневою шкалою) E_0 більше (-0,83)В, припускає наявність у сплавах також як основних, тобто тих, що контролюються при виготовленні даного сплаву та обумовлених стандартами на даний сплав, деяких неметалів (наприклад, сірка, вуглець тощо), а також наявність неосновних (домішок) металів і неметалів. По суті, даною суттєвою ознакою визначається група металів, що складають головну, у відсотковому відношенні, вагову частину сплаву.

Використання як активної речовини, яка вводиться до робочої рідини, лужного розчину призводить до того, що метали з стандартним електродним потенціалом E_0 більше (-0,83)В, попадаючи до робочої рідини внаслідок ерозії електродів, не беруть участі у відновних реакціях з утворенням носіїв струму (іонів) і не зменшують процес здійснення розрядів питомого опору робочої рідини, тобто не призводять до збільшення передпробивних витрат енергії і, відповідно, до зниження ефективності електричних розрядів. Таким чином, основна маса металу, що попадає до робочої рідини внаслідок ерозії, не змінює її питомий опір.

Основні неметали, а також неметали і метали домішок, серед яких можуть бути метали, зі стандартним електродним потенціалом E_0 менше (-0,83)В, потрапляючи в процесі ерозії до робочої рідини, будуть змінювати її питомий опір, проте в різних напрямках. А саме, окислення неметалів призводить до утворення

кислот, які вступають у реакцію нейтралізації з лугою, яка міститься, згідно з винаходом, у робочій рідині. Реакція нейтралізації відбувається зі збільшенням питомого опору робочої рідини. Метали домішок зі стандартним електродним потенціалом E_0 менше (-0,83 В) беруть участь у відновних реакціях з утворенням іонів, зменшуючи питомий опір робочої рідини. Залежно від реального співвідношення у сплаві неметалів і металів домішок зі стандартним електродним потенціалом E_0 менше (-0,83 В) результуючий питомий опір може або збільшуватись, або зменшуватись.

Для підтримання динамічної рівноваги цих реакцій та усунення їхнього впливу на питомий опір робочої рідини необхідно подавати активну речовину у вигляді лужного розчину для забезпечення в робочій рідині певного рівня рН, але не менше 10,2.

Спосіб здійснюють таким чином: протистоячі електроди або їхні робочі поверхні попередньо виконують із таких сплавів, де як основні містяться метали зі стандартним електродним потенціалом (по водневій шкалі) E_0 більше (-0,83 В), наприклад, мідь, цинк та інш. (див. таблицю №1).

У таблиці №1 наведено стандартні електродні потенціали E_0 хімічних елементів, що використовуються в експериментах, по зростанню. В цей ряд, що являє собою ряд активності металів, включена також гідроксильна група OH^- , яка характеризує лужність (1, А.И. Левин. Теоретические основы электрохимии, изд. второе перераб. - М: Металлургия, 1972. - 543с.; 2. Химия, Курс средней школы. Перевод с англ. Под ред. Г.Д. Вовченко, второе изд. - М.: Мир, 1971. - 680с.)

Таблиця №1

| Елемент | K | Na | Mn | OH | Zn | Cr | Fe | Ni | Mo | Pb | H | Cu |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-----|------|
| E_0 , В | -2,92 | -2,71 | -1,18 | -0,83 | -0,76 | -0,74 | -0,4 | -0,25 | -0,2 | -0,13 | 0,0 | 0,34 |

Збільшення відновлюваної здатності

Електроди поміщають у розрядну камеру, заповнену робочою рідиною, наприклад, водою» до якої додають лужний розчин в кількості, що забезпечує лужну реакцію з водневим показником рН не менше 10,2. Потім подають напругу на електроди і здійснюють електричні розряди. У міру збільшення числа розрядів водневий показник рН робочої рідини може зменшитись, тому лужний розчин періодично додають до розрядної камери.

Винахід пояснюється результатами досліджень і конкретними прикладами, наведеними в таблиці №2.

Таблиця №2

| № дослідів | Матеріал електродів | Питомий опір, Ом м | | Розчин Речовин | Початкове РН Середовища | Примітка |
|------------|---------------------|--------------------|----------|--------------------------|-------------------------|----------|
| | | Початковий | Кінцевий | | | |
| 1 | Мідь-мідь | 73,0 | 67,86 | KHCO_3 | 9,15 | Режим 1 |
| 2 | Мшч-мідь | 73,0 | 71,00 | Na_2CO_3 | 10,2 | Режим 2 |
| 3 | Мідь-мідь | 73,0 | 83,52 | КОН | 10,9 | Режим 1 |
| 4 | Латунь-мідь | 73,0 | 92,22 | КОН | 10,9 | Режим 2 |
| 5 | Мідь-нерж.сталь | 73,1 | 45,60 | КОН | 10,9 | Режим 1 |
| 6 | Мідь-мідь | 74,8 | 78,10 | КОН | 10,9 | Режим 2 |

Примітка:

У всіх дослідів в обох режимах було проведено по 1000 розрядів.

Режим 1- $U_0=30\text{кВ}$; $C=1,6\text{мкФ}$

Режим 2- $U_0=30\text{кВ}$; $C=2,4\text{мкФ}$

У дослідженнях як матеріал мідних електродів використовувалась мідь марки М3. Основного металу міді (Cu) в ньому міститься 99,5%, метали домішок: Fe=0,05%, Ni=0,2%, Pb=0,26%, а також неметали: S=0,01%, $\text{O}_2=0,1\%$ -

Стальний електрод виготовлено зі сталі марки X18H9T, у якому основні метали: Fe-66,9%, Cr-18%, Ni-9%, Mn-1,5%, Ti-0,6%, неметали: S-0,02%, P-0,03%, C-0,12%, Si-0,8%. Латунний електрод виготовлено із латуні, марки Л63, до складу входять основні метали: Cu-70%, Zn-29%, домішкові: Fe-0,1%, Mn-0,03%, неметали: P-0,01%

(Материалы в машиностроении. Выбор и применение. Под ред. Л.П. Лужникова, - М. Машиностроение, 1967, т. 1-5. - 304с.)

Початковий питомий опір робочої рідини в дослідженнях підтримувався біля 73 Ом м, при цьому для забезпечення варіювання рН робочого середовища в дистильованій воді розчинялися речовини різної лужності: харчова сода NaHCO_3 , кальцинована сода Na_2CO_3 та їдке калі КОН.

У першому досліді використовувались мідні електроди (див. таблицю №2), рН робочої рідини дорівнював 9,15 при початковому питомому опорі робочого середовища 73,0 Ом м. Після здійснення 1000 розрядів питомий опір робочої рідини зменшився до 67,86 Ом м.

У другому досліді рН робочої рідини дорівнює 10,2. При здійсненні розрядів із запасом енергією у 1,5 рази більше, ніж у досліді 1 (енергетичний режим 2), питомий опір робочої рідини практично не зменшився.

У третьому досліді рН робочої рідини дорівнював 10,9. Після здійснення розрядів кінцевий питомий опір робочої рідини навіть збільшився до 83,52 Ом м.

Таким чином, можна зробити висновок за результатами цих трьох дослідів: для підтримки питомого опору робочої рідини не нижче його початкового значення необхідно вибрати значення рН робочого середовища не

менше 10,2.

У перших трьох дослідях обидва електроди були виготовлені із міді марки М3. Мідь у даному випадку вибрана як найбільш пасивний сплав навіть для випадку кислотного середовища.

У дослідях 4,5 один з електродів виготовлявся не із міді, а саме: у досліді 4 - із латуні марки Л63, а в досліді 5 - із нержавіючої сталі марки Х18Н9Т.

Одним з основних металів в латуні марки Л63 є цинк. Стандартний електродний потенціал E_0 цинка дорівнює $(-0,76)\text{В}$ (див. таблицю №1). Хімічна активність цинка висока. Він реагує з кислотами, витискуючи із сполук метали, що знаходяться праворуч по шкалі. Проте, поміщений до лужного середовища (середовище з присутністю надлишка гідроксильної групи OH^-), він втрачає свою активність, так як електродний потенціал E_0 гідроксил) $(-0,83)\text{В}$, і він має більш високу відновну здатність (віддати електрон, відновлюючи до нейтрального неіонізованого стану), ніж всі метали, що стоять праворуч від нього по шкалі, у тому числі і цинк.

У сталюму електроді в досліді 5 як основні метали присутні залізо Fe зі стандартним електродним потенціалом $E_0=(-0,48)\text{В}$, хром $\text{Cr}-E_0=(-0,74)\text{В}$, нікель $\text{Ni}-E_0=(-0,25)\text{В}$, а також марганець $\text{Mn}-E_0=(-1,18)\text{В}$. Марганець має більшу відновну здатність, ніж гідроксильна група OH^- , тому він може існувати в лужному середовищі в іонізованому стані, зменшуючи питомий опір робочої рідини. Про це свідчать результати дослідів 4 і 5. А саме, якщо в досліді 4 питомий опір робочої рідини навіть збільшився (з $73,10\text{м}$ до $92,22\text{Ом}$ м), то в досліді 5, не дивлячись на те, що вимоги проведення досліді по рН були взяті навмисно високими, а саме значення рН дорівнює 10,9, кінцевий питомий опір робочої рідини зменшився до $45,6\text{Ом}$ м.

Таким чином, для забезпечення можливості підтримування питомого опору на незмінному рівні, необхідно вибирати сплави, що містять, як основні, метали зі стандартним електродним потенціалом $E_0(-0,83)\text{В}$.

У досліді 6, порівнюючи з дослідом 3, робоче середовище зазнало сильного ерозійного забруднення, так як застосовувався другий енергетичний режим (у 1,5 рази більше запасеаема енергія). Відповідно кінцевий питомий опір робочої рідини збільшився у меншій мірі - (для більшої наочності досліді проведено при підвищеному значенні рН середовища, який дорівнює 10,9). Цей факт пояснює те, що тенденція зниження питомого опору робочого середовища у міру збільшення кількості розрядів, проведених у ній, потребує своєчасного подавання активної речовини.

Аналогічно результати досліді 2 свідчать про деякий граничний випадок реалізації запропонованого способу, коли при рН середовища, що дорівнює 10,2, та енергетичному режимі 2 здійснення розрядів, спостерігається, деякий зсув питомого опору робочої рідини у бік зменшення. Для підтримування питомого опору на незмінному рівні, необхідне введення до робочої рідини активної речовини у вигляді лужного розчину, який забезпечує в робочій рідині лужну реакцію рН не менше 10,2.

Як приклад здійснення способу можна прийняти такий варіант вихідних параметрів електророзрядної установки: $U_0=30\text{кВ}$, $C=2,4\text{мкФ}$, електроди обох полярностей виконані із технічної міді, робоча рідина являє собою розчин кальцинованої соди Na_2CO_3 у дистильованій воді з питомим опором 73Ом м, а показник рН середовища при цьому дорівнює 10,2. Здійснення 1000 розрядних імпульсів у двох літрах розчину практично не привело до змінювання питомого опору робочої рідини, що свідчить про те, що, як при першому, так і при останньому розряді не спостерігається збільшення передпробивних втрат електричної енергії, і ефективність здійснення електричних розрядів підвищується.