

Винахід належить до порошкової металургії, зокрема до пристроїв для одержання порошків методом електроерозійного диспергування.

Відома установка для електроерозійного диспергування металів (патент на винахід, Україна, №13091, МКВ<sup>5</sup> B22F9/14) із вмістом реактора виготовленого з діелектричного матеріалу, пристрою іскроутворення, виконаного у вигляді першого індуктора, навитого на реактор і підключеного до першого джерела імпульсної напруги; другого індуктора, виконаного у вигляді кільцевої плоскої котушки індуктивності, жорстко з'єднаної з корпусом реактора, обладнаного зверху діелектричною сіткою та з'єднаною з другим джерелом імпульсної напруги. В реакторі над сіткою розміщено перфорований металевий лист, виконаний з неферромагнітного матеріалу, і сітчасте діелектричне днище, а матеріал, що диспергується, розміщено в порожнині реактора над днищем. При роботі в порожнину реактора закачується газоподібне робоче тіло, причому через верхній патрубок реактора закачується газ, який легше повітря, наприклад гелій, а через нижній патрубок - газ, важче повітря, наприклад аргон.

Недоліком відомого пристрою є обмежена область застосування, оскільки робочим тілом реактора може бути тільки газ.

До недоліків цього пристрою належить також неекономічне використання електричної енергії, оскільки основна її частина витрачається на створення імпульсного магнітного поля, а не на процес диспергування.

Крім того, у відомій установці вертикальний рух металевих листів носить ударний характер, а виникаючі при цьому ударні навантаження передаються через діелектричну сітку та другий індуктор на корпус реактора, у результаті чого знижується надійність і довговічність установки.

У відомій установці також відбувається взаємне знищення імпульсних магнітних полів водночас працюючих першого та другого індукторів, які замикаються на гранулах струмопровідного металевих завантаження, що призводить до додаткових енергетичних втрат в установці. Водночас зменшується інтенсивність породжуваних сумарним імпульсним магнітним полем вихрових струмів у гранулах, знижується інтенсивність процесів електричної ерозії контактуючих гранул, що призводить до зниження продуктивності та ефективності роботи установки.

Крім того, виникаючі в неферромагнітному перфорованому металевому листі вихрові струми, як і електромагнітні сили їх взаємодії зі змінним магнітним полем другого індуктора, а отже, і вертикальні переміщення металевих листів, які передаються через сітчасте діелектричне днище гранулам металевих завантаження реактора, є малопотужними і практично не піддаються регулюванню, а також настройці по амплітуді та частоті. Тому реактор цієї конструктивної схеми відрізняється значною складністю настройки вимушених коливань гранул завантаження у режимі "віброкляпачого", "псевдорізненого" шару. У результаті порушується стабільність процесу перемішування гранул завантаження в робочому об'ємі реактора, знижується щільність каналів електричних розрядів по висоті завантаження, що в кінцевому результаті знижує ефективність процесу електроерозійного диспергування матеріалу завантаження.

Найбільш близьким до запропонованого технічного рішення є пристрій для електроерозійного диспергування металів (А. с. №1019648 МКВ<sup>3</sup> B22F9/14) із вмістом рідинного реактора, виконаного у вигляді ємності із діелектричного матеріалу; сітчастого днища, обладнаного приводом коливального руху (вібробуджувачем); електродів, установлених в реакторі з можливістю переміщення, та генератора імпульсної напруги. Сітчасте днище відомої установки з'єднано з вібробуджувачем за допомогою штовхача і виконано у вигляді гнучкої перфорованої мембрани, краї якої жорстко закріплені на корпусі. При такому кріпленні сітчастого днища поле амплітуд його вертикальних коливань, які передаються від днища до гранул металевих завантаження, що контактують з ним, виявляється нерівномірним по площі днища. Амплітуди будуть найбільшими в місці з'єднання днища з штовхачем, а по мірі віддалення від центра днища до жорстко закріплених на нерухомому корпусі його краях вони зменшуються до нуля. Кожний перфорований отвір мембрани є додатковим концентратором напруг. При працюючому вібробуджувачі мембрана зазнає знакозмінних циклічних навантажень. Тому процеси утворення та розвитку тріщин від утомленості в його матеріалі через наявність додаткових концентраторів напруги у вигляді перфорованих отворів прискорюються та інтенсифікуються. В результаті відбувається передчасне руйнування від утомленості днища, що знижує надійність і довговічність установки в цілому.

У відомій установці електроди розміщені всередині корпусу, виконані рухомими й установлені з зазором відносно сітчастого днища. Тому при вібрації днища в зазори між ним і електродами просипаються гранули металевих завантаження. Це призводить до заклинювання руху сітчастого днища, що порушує робочий режим його коливань.

Указані недоліки призводять до нестабільного процесу перемішування та неоднорідності щільності гранульованого завантаження в робочому об'ємі реактора, що знижує стабільність і ефективність процесу електроерозійного диспергування.

Відома установка також не забезпечує коливання механічної системи (вібробуджувач - сітчаста пластина - завантаження реактора) в економічному, з точки зору витрат енергії, резонансному режимі, а гранул завантаження - в режимі "віброкляпачий" шар, що призводить до підвищення енергоємності установки.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення установки для електроерозійного диспергування металів, в якій конструкція реактора і використання контурів настройки амплітуди та частоти віброприскорення днища забезпечує вимушені коливання механічної системи в резонансному режимі, а гранул завантаження - в режимі стійкого "віброкляпачого" шару, сприяючи інтенсивному диспергуванню, підвищенню стабільності й ефективності роботи установки і зменшуючи її енергоємність.

Поставлена задача розв'язується за рахунок того, що в установці для електроерозійного диспергування металів, яка містить реактор з розміщеним у ньому сітчастим днищем, вібробуджувач, електроди та генератор імпульсної напруги, згідно з винаходом, корпус реактора встановлено на основі і виконано збірним, бічні стінки реактора виготовлено з струмопровідного матеріалу, водночас вони є електродами, днище реактора виконано у вигляді сітчастого днища і нижньої корпусної деталі, жорстко з'єднаних між собою, й установлено з можливістю коливального руху відносно корпусу реактора, а сітчасте днище виконано жорстким у діапазоні робочих частот коливань днища, та установка додатково містить контури настройки амплітуди і частоти віброприскорення днища, пружно-демпфівальний елемент, який

регулюється, розміщений між днищем і основою, гнучке діелектричне водонепроникне ущільнення, розміщене між корпусом і днищем.

При цьому контур настройки амплітуди віброприскорення днища містить послідовно з'єднані датчик віброприскорення днища, віброзбуджувач і блок керування віброзбуджувачем, а контур настройки частоти віброприскорення днища містить послідовно з'єднані датчик переміщення днища, блок виділення сталої складової, блок екстремального регулювання, віброзбуджувач і блок керування віброзбуджувачем.

Виконання реактора збірним забезпечує простоту конструкції, полегшує експлуатацію установки.

Виготовлення бічних стінок реактора зі струмопровідного матеріалу дає можливість використовувати їх як електроди, дозволяє збільшити об'єм завантаження, усуває можливість заклинювання електродів і тим самим сприяє підвищенню ефективності роботи установки.

Обладнання сітчастого днища нижньою корпусною деталлю дозволяє передавати вимушені коливання від віброзбуджувача сітчастому днищу та матеріалу завантаження, а також використовується для зібрання одержаного порошку.

Контури настройки амплітуди та частоти віброприскорення днища дозволяє регулювати амплітуду і частоту вимушених коливань системи "віброзбуджувач - днище - завантаження", забезпечують резонансний режим коливань і одержання режиму "віброкиплячий" шар гранул завантаження реактора, сприяючи інтенсивному диспергуванню, підвищенню стабільності й ефективності роботи установки.

Наявність у пристрої регульованого пружно-демпфувального елемента та його розміщення між нижньою корпусною деталлю днища реактора й основою забезпечує настройку коливань системи в резонансному режимі з мінімальною витратою енергії збуджування.

Виконання днища реактора з можливістю коливань відносно корпусу реактора дозволяє передати вібропереміщення від збуджувача коливань (віброзбуджувача) матеріалу завантаження, а не корпусу реактора, попереджає виникнення резонансних явищ у днищі, забезпечує рівномірність розподілу поля амплітуд вертикальних коливань по площі поверхні сітчастого днища, що контактує з гранулами, забезпечуючи тим самим стабільність процесу диспергування.

Виконання сітчастого днища жорстким в діапазоні робочих частот коливань днища забезпечує його високу циклічну міцність, підвищує ефективність роботи установки, її надійність і довговічність.

Загальний вигляд установки схематично зображено на фігурі.

Установка містить рідинний реактор, виконаний у вигляді встановленого на основі 1 збірного корпусу 2, що містить перший 3 і другий 4 електроди, виготовлені з струмопровідних пластин і які є бічними стінками реактора; прокладку 5, передню 6 і задню 7 стінки та кришку 8, виконаних пластинчастими з діелектричного матеріалу. Днище 9 реактора встановлено з можливістю переміщення відносно корпусу 2 і складається з сітчастого днища 10, виконаного жорстким в діапазоні робочих частот коливань і нижньої корпусної деталі 11.

Установка також містить контур настройки амплітуди віброприскорення днища, що складається з послідовно з'єднаних датчика 12 віброприскорення днища реактора, віброзбуджувача 13 і блока 14 керування амплітудою та частотою вихідного сигналу віброзбуджувача 13, і контур настройки частоти віброприскорення днища, який складається з послідовно з'єднаних датчика 15 переміщень днища, блока 16 виділення сталої складової  $z_0$  сигналу  $z(t)$  датчика 15, блока 17 екстремального регулювання величини сталої складової  $z_0$  сигналу  $z(t)$  і блока 14 керування амплітудою та частотою вихідного сигналу віброзбуджувача 13. Датчик 15 переміщень днища, віброзбуджувач 13 розміщено між днищем 9 і основою 1. Датчик 12 віброприскорення днища закріплено на нижній корпусній деталі 11. Крім того, установка містить генератор 18 імпульсної напруги, вихід якого з'єднано з першим 3 і другим 4 електродами, пружно-демпфувальний елемент 19, що регулюється, виконано з дискретно або неперервно регульованими коефіцієнтами жорсткості та демпфування (може бути механічним, пневматичним, гідравлічним, електродинамічним або комбінованим), розміщений між днищем 9 і основою 1, гнучке водонепроникне ущільнення 20, розміщене між корпусом 2 та днищем 9, верхній патрубок 21 і нижній 22.

Установка працює так,

У реактор через кришку завантажуються гранули (шматки) матеріалу, який диспергується. Через патрубки 21, 22 і корпус реактора прокачується робоча рідина. Включається генератор 18 імпульсної напруги. Від генератора 18 на електроди 3, 4 подається імпульсна напруга. Включається віброзбуджувач 13. Включається контур настройки амплітуди віброприскорення днища. При цьому вихідний сигнал датчика 12 віброприскорення днища  $U_a$  пропорційний заданій амплітуді  $A$ , при якій на частоті настройки  $f_n$  механічні коливання гранул завантаження здійснюються по всьому об'єму (по всій висоті) завантаження (визначається при виключеному генераторі 18 експериментально).

Механічна система віброзбуджувач - днище - завантаження реактора приводиться на частоті настройки  $f_n$  в коливні рухи з заданою амплітудою віброприскорення  $A$  днища. Включається контур настройки частоти сигналу керування віброзбуджувачем 13. Вихідний сигнал блока екстремального регулювання 17  $U_f$  поступає на керувальний вхід по частоті блока 14. Величина сигналу  $U_f$  пропорційна частоті  $f_n$  (частоті настройки) коливань днища. Вона визначається перед початком роботи установки експериментально з умови максимальної продуктивності установки, щоб при заданій амплітуді  $A$  коливань днища кількість металевого порошку, що утворюється в реакторі, на одиницю часу було максимальним. Частота вхідного сигналу  $U_f$  віброзбуджувача 13 регулюється контуром настройки частоти від значення  $f_n$  до значення  $f$ , при якому вихідний сигнал  $z_0$  блока 16 досягає максимального значення (при виключеному віброзбуджувачі 13 сигнал  $z_0$  блока 16 дорівнює нулю). В цьому режимі коливання гранул завантаження відбувається в режимі стійкого "віброкиплячого" шару.

Далі настраюють коефіцієнт жорсткості та демпфування пружно-демпфувального елемента 19, добиваючись того, щоб по амплітуді сигнал керування  $U_f$  віброзбуджувачем 13 став найменшим. У цьому режимі коливання механічної системи віброзбуджувач - днище - завантаження реактора відбувається в резонансному режимі, при якому віброзбуджувач 13 витрачає найменшу потужність. Подальша робота контурів настройки амплітуди та частоти відбувається в автоматичному режимі. В реакторі при працюючому генераторі імпульсної напруги між сусідніми гранулами завантаження виникають електричні розряди, які призводять до електроерозійного зруйнування оброблюваного матеріалу, подрібнювання первинних гранул

завантаження в порошок, що вимивається через сітчасте днище 10. Геометричні параметри сітчастого днища 10, кількість отворів в ньому, їх діаметр, а також механічні характеристики матеріалу (модуль пружності, коефіцієнт демпфірування) вибираються з умови відсутності механічного резонансу сітчастого днища в діапазоні робочих частот коливань днища. Завантаження реактора складається з гранул (шматків). Одержаний в ході обробки порошок надходить разом з робочою рідиною через сітчасте днище 10 і нижній патрубок 22 в приймач.

Сумісна робота пружно-демпфувального елемента, контурів настройки амплітуди та частоти віброприскорень днища реактора забезпечує режим резонансних коливань системи, при якому вимушені коливання системи вібробудувач - днище - завантаження реактора відбувається в резонансному режимі, при котрому витрати потужності вібробудувача 13 мінімальні.

Водночас коливання гранул завантаження матеріалу, що диспергується, відбувається в режимі стійкого "віброкиплячого" шару, який характеризується стабільністю характеристик щільності гранул завантаження в робочому об'ємі реактора.

В результаті підвищується стабільність процесів перемішування гранул завантаження в робочому об'ємі реактора, підвищується однорідність щільності гранул, що диспергуються, а також каналів електричних розрядів між гранулами по висоті завантаження, збільшується маса матеріалу завантаження, що електроерозійно диспергується в робочу рідину.

Це, в кінцевому підсумку, приводить до підвищення ефективності роботи пристрою, його надійності та довговічності, а також зниження енергоємності установки.

