



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **112074**

(13) **C2**

(51) МПК

**B03C 1/02** (2006.01)

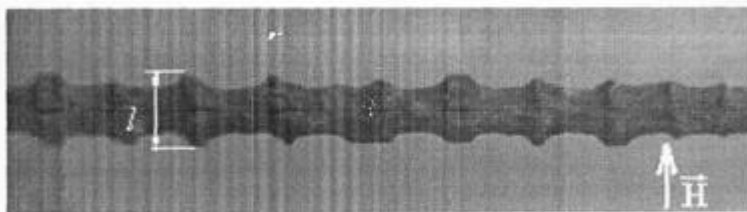
## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	<b>а 2013 10719</b>	(72) Винахідник(и):	<b>Горобець Світлана Василівна (UA), Михайленко Наталія Олександрівна (UA), Сливець Олексій Валерійович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки:	<b>05.09.2013</b>	(73) Власник(и):	<b>НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", пр. Перемоги, 37, м. Київ-56, 03056 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	<b>25.07.2016</b>	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	<b>UA 62963 U, 26.09.2011 EA 16328 B1, 30.04.2012 RU 2070097 C1, 10.12.1996 RU 2185248 C2, 20.07.2002 RU 2376070 C2, 20.12.2009 SU 394101, 22.08.1973</b>
(41) Публікація відомостей про заяву:	<b>10.03.2015, Бюл.№ 5</b>		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	<b>25.07.2016, Бюл.№ 14</b>		

## (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ МАГНІТНИХ ЧАСТИНОК НА ФРАКЦІЇ

### (57) Реферат:

Винахід належить до області розділення речовин за магнітними властивостями і може бути використаний в хімічній, біологічній, медичній та інших галузях промисловості для вилучення з рідких середовищ зважених домішок, схильних до магнітного осадження. Пристрій для розділення магнітних частинок на фракції містить магнітну систему, проточну камеру, насадку з феромагнітними періодичними поліградієнтними елементами та засоби регулювання швидкості робочого потоку в проточній камері. Технічним результатом винаходу є спрощення конструкції фракціонатора та можливості застосування в зовнішніх лабораторних магнітних полях помірної напруженості; зменшення вартості та збільшення точності фракціонування цільових об'єктів.



Фіг. 1

UA 112074 C2



Винахід належить до області розділення речовин за магнітними властивостями і може бути використаний в хімічній, біологічній, медичній та інших галузях промисловості для вилучення з рідких середовищ зважених домішок, схильних до магнітного осадження.

Відомо, що використання магнітної сепарації в біології та медицині стало можливим завдяки приєднанню до діа- та парамагнітних сорбентів та біооб'єктів магнітних феритових або феромагнітних нано- або мікрочастинок, тобто так званого магнітомічення. Для ефективного вилучення магнітомічених біооб'єктів повинні мати величину магнітної сприйнятливості, достатню для прояву магнітокерованих властивостей в околі високоградієнтних феромагнітних насадок (ВГФН) магнітних сепараторів. Оскільки існує обмеження на собівартість та тип конструкції ВГФН для кожного конкретного призначення - біомедичного або технічного, для малих або великих об'ємів робочих рідин - буде існувати певний діапазон магнітофоретичної рухливості цільових об'єктів, який може вилучатися магнітним сепаратором з робочого середовища. Тому для подальшого застосування магнітомічених сорбентів або біооб'єктів необхідне їх розділення на фракції в залежності від їх магнітних властивостей.

Фракціонування цільових об'єктів (частинок, магнітомічених біооб'єктів, сорбентів) є важливим для підвищення ефективності роботи магнітних сепараторів при очищенні стічних та природних вод, при виробництві магнітомічених сорбентів, для цілеспрямованої доставки лікарських препаратів у задану область організму та ін. Так, при цілеспрямованій доставці лікарських препаратів в задані області організму є необхідним використання частинок з наперед визначеними магнітними властивостями. При виробництві магнітомічених сорбентів для магнітної сепарації стічних та природних вод необхідно враховувати ефективність конкретного типу ВГФН магнітного сепаратора.

Найближчим аналогом до винаходу є фракціонатор для розділення об'єктів за їх магнітними властивостями [1], що включає намагнічуючу систему, проточну камеру з вхідним і вихідним патрубками і встановлену всередині камери феромагнітну насадку, що виконана з феромагнітних стрижневих елементів, закріплених паралельно в немагнітному корпусі. Насадку розташовують в проточній камері пристрою таким чином, щоб її елементи були орієнтовані перпендикулярно силовим лініям магнітного поля намагнічуючої системи. Зміна діаметру стрижнів і відстані між ними приводить до зміни магнітної сили з боку створюваного насадкою високоградієнтного магнітного поля і відповідно осадженню на поверхні елементів насадки фракції частинок з певним діапазоном магнітної сприйнятливості.

Недоліком даного фракціонатора є те, що як насадки сепаратора використовуються високоградієнтні феромагнітні елементи, виконані у вигляді паралельних циліндрів. Така насадка фракціонатора потребує великих значень напруженості зовнішнього магнітного поля для досягнення стану намагніченості насичення для ефективного вилучення цільових об'єктів. Також недоліком даного фракціонатора є метод розділення цільових об'єктів за магнітними властивостями на фракції шляхом зміни відстані між феромагнітними елементами насадки і діаметру елементів, оскільки для кожної фракції передбачається виготовлення окремої насадки. Метод значно ускладнює процес фракціонування і робить його затратним, технологічно складним і тривалим за часом. При цьому максимальна кількість фракцій є обмеженою.

В основу винаходу поставлена задача підвищити ефективність фракціонування в заданих діапазонах магнітних сприйнятливостей цільових об'єктів шляхом покращення конструкції насадки та методу зміни керуючого параметра пристрою.

Поставлена задача досягається за рахунок того, що в пристрої для розділення речовин за магнітними властивостями, що включає намагнічуючу систему, робочу камеру з розміщеною в ній феромагнітною насадкою, елементи ВГФН, паралельно встановлені в немагнітному корпусі, виготовлені зі сталевого дроту, попередньо протравленого методом магнітокерованої корозії у розчині електроліту, в результаті чого на його поверхні утворюються періодичні структури з виступів та впадин, керування кількістю фракцій цільових об'єктів в залежності від значення їх магнітної сприйнятливості відбувається шляхом зміни швидкості робочої рідини. На Фіг. 1 приведене зображення дроту після його корозії у розчині електроліту під впливом зовнішнього постійного магнітного поля.

$$|grad H^2| \sim \frac{H_i^2}{l},$$

де  $H_i$  - величина магнітного поля, що створює окремий феромагнітний елемент насадки;  $l$  - характерний розмір насадки, тобто характерний масштаб зміни величини магнітного поля, що створює окремий елемент насадки.

При цьому величина магнітного поля феромагнітного елемента насадки  $H_i \sim 4\pi M$ , тобто порядку намагнічування феромагнітного елемента насадки. При цьому феромагнітні насадки

зберігають свої властивості у широкому температурному діапазоні, аж до точки Кюрі (для заліза 770 °C), що робить їх придатними для очищення робочих середовищ практично на будь-яких ділянках технологічних процесів. Для залізного зразка  $4\pi M_s = 20000$ , де  $M_s$  - намагніченість

насичення сталі. Як відомо, для циліндра розмагнічуючий фактор складає  $\frac{1}{2}$  і для його

5 намагнічування до стану насичення, перпендикулярно осі симетрії, необхідно прикласти поле  $H_0 \approx \frac{1}{2} 4\pi M_s = 10000 E$  [2]. Такі поля складно створювати постійними магнітами в робочому об'ємі сепаратора, тому насадка фракціонатора-аналога цього винаходу в полях 3,5 кЕ буде мати намагніченість, значно меншу, ніж намагніченість насичення для сталі.

10 Цей недолік можливо усунути за рахунок створення насадки спеціальної форми, методом травлення в магнітному полі. Окремий елемент насадки спеціальної форми (Фіг. 1), наближений за формою до кулі, розмагнічуючий фактор якої менший, ніж для циліндра, а саме  $\approx \frac{1}{3}$ .

Зазначена модифікація окремого елемента насадки призводить до можливості його намагнічування до стану насичення в зовнішніх магнітних полях  $H_0 \approx \frac{1}{2} 4\pi M_s = 70000 E$ , що

15 на третину менше ніж відповідні поля для намагнічування циліндра. Це призводить до відповідного збільшення намагніченості окремого елемента насадки призведе до збільшення напруженості квадрату магнітних полів розсіювання в її околі і до відповідного збільшення відповідної магнітної сили, яка діє на магнітокеровані домішки в робочому розчині. Внаслідок цього, такий прилад дозволить здійснити фракціонування суспензій з меншим пороговим значенням магнітної сприйнятливості за однакових всіх інших умов (швидкості потоку, величини зовнішнього магнітного поля та ін.). Модифікація форми збільшить загальну площу поверхні, що

20 також призведе до підвищення ефективності уловлювання магнітних частинок. Перевагою такої конструкції феромагнітних елементів є необхідність у менших напруженостях зовнішнього магнітного поля, які можна досягти навіть у лабораторних умовах, так як квадрат градієнту магнітного поля, утвореного окремими елементами періодичної структури травленого дроту забезпечує фракціонування цільових магнітомічених об'єктів в зовнішніх магнітних полях, які на 30 % менші, ніж для ВГФН циліндричної форми.

Особливістю феромагнітної насадки у вигляді послідовно приєднаних сферичних елементів однакового розміру є те, що області їх контактів будуть створювати градієнти та притягувати частинки, що уловлюються. Для сферичних елементів розміром 5 мм площа місця контактів 30 сфер складає 15 мкм, для сферичних елементів порядку 100-250 мкм складає від 3 мкм до 2 мм [3], тому наявний великий діапазон уловлюваних частинок, що є важливим при очищенні розчинів. Процес фракціонування потребує вужчого діапазону розмірів робочих поверхонь, і, як наслідок діапазон розмірів уловлюваних частинок буде меншим. А через те, що в отриманих феромагнітних періодичних структурах області з'єднання окремих елементів не будуть створювати градієнтів, а розміри елементів практично однакові, то варіювати можна буде 35 значення магнітної сприйнятливості частинок, що уловлюються.

Винахід пояснюється кресленнями на Фіг. 2-4, де Фіг. 2 - загальний вигляд корпусу приладу; на Фіг. 3 - кришка приладу; на Фіг. 4 - основа насадки фільтра, в яку встановлюються 40 феромагнітні елементи з періодичною структурою. Фракціонатор складається з корпусу, виконаного з неферомагнітного матеріалу, магнітної системи, системи феромагнітних елементів, які жорстко закріплені у неферомагнітному корпусі перпендикулярно зовнішньому магнітному полю на однаковій відстані один від одного, патрубків вводу та виводу робочого розчину. Система феромагнітних елементів 3 являє собою паралельно розташовані коленвали.

45 Фракціонатор працює наступним чином. Магнітна система, яка створює постійне магнітне поле, та система феромагнітних елементів утворюють єдину магнітну систему. Середовище, яке підлягає фракціонуванню, надходить в змішувач через вхідний патрубок у корпус. Внаслідок дії зовнішнього магнітного поля магнітні частинки притягуються до феромагнітних елементів. Залишкове середовище виводиться через патрубок. Після проходження через фракціонатор у робочому середовищі залишаються цільові об'єкти з меншою магнітною сприйнятливостю, а 50 насадки фракціонатора вилучають цільові об'єкти з більшою магнітною сприйнятливостю, які вилучаються з фракціонатора після зняття або відключення зовнішнього магнітного поля фракціонатора вібрацією або іншим відомим методом для подальшого їх використання. Для розділення на фракції з різними значеннями магнітної сприйнятливості необхідно пропускати

робочий розчин через фракціонатор декілька разів, змінюючи швидкість протікання робочого розчину з цільовими об'єктами через робочий об'єм фракціонатора.

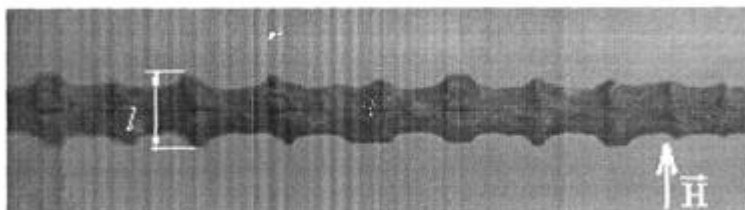
- 5 Технічна перевага полягає у спрощенні конструкції фракціонатора та можливість застосування зовнішніх лабораторних магнітних полів помірної напруженості, що зменшує його вартість та збільшує точність фракціонування цільових об'єктів, завдяки тому, що регулювання процесом фракціонування відбувається шляхом зміни швидкості протікання робочого розчину.

Джерела інформації:

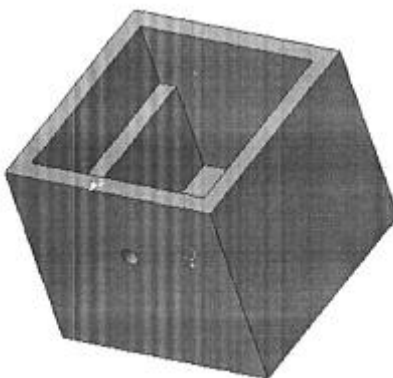
- 10 1. Пат. 62693 Україна, В03С 1/02 (2006.1). Фракціонатор / Горобець СВ., Горобець О.Ю., Михайленко Н.О., Дем'яненко І.В.; власник Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут". - № 201101535; заявл. 10.02.2011; опубл. 26.09.2011, Бюл. № 18.
2. Физические величины: Справочник/ А.П. Баби́чев, Н.А. Бабу́шкина, А.М. Бра́тковский и др.; Под ред. И.С. Григо́рьева, Е.З. Мейли́хова. - М: Энергоатомиздат, 1991. - 1232.
- 15 3. Сандуляк А.В. Магнитно-фильтрационная очистка жидкостей и газов. - М.: Химия, 1988. - 136 с.

### ФОРМУЛА ВІНАХОДУ

- 20 Пристрій для розділення магнітних частинок на фракції, що містить магнітну систему, в робочому зазорі якої встановлена проточна камера, всередині якої розташована насадка, що включає поліградієнтні елементи, який **відрізняється** тим, що як поліградієнтні елементи використані феромагнітні періодичні структури, а також містить засіб регулювання швидкості робочого потоку в проточній камері.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4

---

Комп'ютерна верстка Д. Шеверун

---

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