РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 742 805**(13) **C2**

(51) МПК
B03C 1/08 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B03C 1/08 (2020.08)

(21)(22) Заявка: **2019117706, 06.06.2019**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
06.06.2019

Дата регистрации:
10.02.2021

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **06.06.2019**

(43) Дата публикации заявки: **07.12.2020** Бюл. № **34**

(45) Опубликовано: **10.02.2021** Бюл. № **4**

Адрес для переписки:
630090, г. Новосибирск, ул. Инженерная, д. 24, пом. 65, ООО "Тюбол Центр НСК", для Безродного Александра Евгеньевича

(72) Автор(ы):
Предтеченский Михаил Рудольфович (RU),
Меледин Владимир Генриевич (RU),
Косолапов Андрей Геннадьевич (RU),
Бобренок Олег Филлипович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
МСД Текнолоджис С.а.р.л. (LU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **WO2019099429 A1, 23.05.2019. RU 115243 U1, 27.04.2012. RU 2212942 C1, 27.09.2003. RU 2209686 C2, 10.08.2003. RU 2643385 C1, 01.02.2018. RU 2205071 C2, 27.05.2003. EA 014397 B1, 29.10.2010. WO 2012004363 A2, 12.01.2012.**

(54) СПОСОБ ОЧИСТКИ ЖИДКИХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СРЕД ОТ МАГНИТНЫХ И СЛАБОМАГНИТНЫХ ПРИМЕСЕЙ И АППАРАТ

(57) Реферат:

Предложенная группа изобретений относится к технологиям очистки жидких наноструктурированных сред от магнитных и слабомагнитных примесей и к устройствам, реализующим эти технологии. Способ очистки жидких наноструктурированных сред от магнитных и слабомагнитных примесей, в котором формируют поток жидкой среды и воздействуют на него структурированным магнитным полем, сформированным последовательно установленными постоянными магнитами и ферромагнитными концентраторами, отделяющими соседние магниты один от другого, таким образом, что перпендикулярно потоку жидкой среды образуются локальные градиентные магнитные области. Структурированное магнитное поле создают постоянными магнитами, имеющими одинаковую пространственную ориентацию полюсов соседних магнитов, примыкающих к концентратору. Способ осуществляют с помощью магнитного сепаратора, содержащего лоток и магнитную систему, включающую последовательно установленные постоянные магниты прямоугольной формы и ферромагнитные концентраторы, отделяющие соседние магниты один от другого. Магниты установлены на дне лотка и имеют длинную (l), короткую (w) стороны и высоту (h), при l>w>h, и расположенные в ряд так, что их длинные стороны параллельны друг другу. Постоянные магниты имеют одинаковую пространственную ориентацию полюсов соседних магнитов, примыкающих к концентратору. Технический результат - повышение эффективности очистки жидких наноструктурированных сред от магнитных и слабомагнитных примесей. 2 н. и 16 з.п. ф-лы, 3 пр., 2 ил.

RU 2742805 C2

RU 2742805 C2

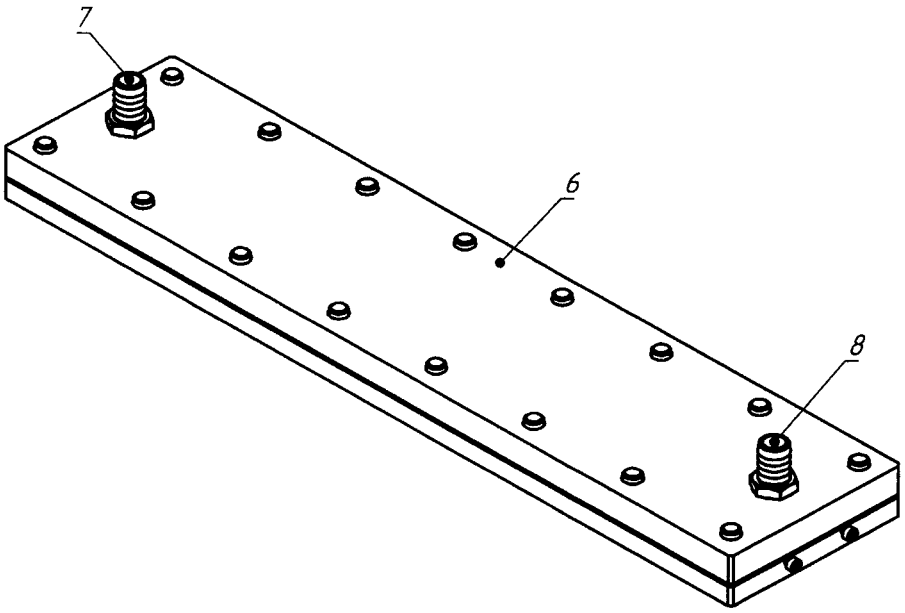


Рис.2

RU 2742805 C2

RU 2742805 C2

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 742 805**(13) **C2**

(51) Int. Cl.
B03C 1/08 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC
B03C 1/08 (2020.08)

(21)(22) Application: **2019117706, 06.06.2019**

(24) Effective date for property rights:
06.06.2019

Registration date:
10.02.2021

Priority:
(22) Date of filing: **06.06.2019**

(43) Application published: **07.12.2020** Bull. № **34**

(45) Date of publication: **10.02.2021** Bull. № **4**

Mail address:
630090, g. Novosibirsk, ul. Inzhenernaya, d. 24, pom. 65, OOO "Tyubol Tsentr NSK", dlya Bezrodnogo Aleksandra Evgenevicha

(72) Inventor(s):
Predtechenskij Mikhail Rudolfovich (RU),
Meledin Vladimir Genrievich (RU),
Kosolapov Andrej Gennadevich (RU),
Bobrenok Oleg Fillipovich (RU)

(73) Proprietor(s):
MSD Teknolodzhis S.a.r.l. (LU)

RU 2742805 C2

(54) METHOD OF PURIFYING LIQUID NANOSTRUCTURED MEDIA FROM MAGNETIC AND WEAKLY MAGNETIC IMPURITIES AND APPARATUS

(57) Abstract:

FIELD: technological processes.

SUBSTANCE: disclosed group of inventions relates to techniques for purifying liquid nanostructured media from magnetic and low-magnetic impurities and to devices which implement said techniques. Method of purifying liquid nanostructured media from magnetic and weakly magnetic impurities, in which liquid medium flow is formed and exposed to it by structured magnetic field formed by series-mounted permanent magnets and ferromagnetic concentrators, separating adjacent magnets from each other, so that local gradient magnetic regions are formed perpendicular to flow of liquid medium. Structured magnetic field is created by permanent magnets having the same spatial orientation of the poles of neighboring magnets adjoining the concentrator. Method is carried out using a magnetic separator comprising a tray and a magnetic system, including series-installed permanent magnets of rectangular shape and ferromagnetic concentrators separating adjacent magnets from each other. Magnets are installed on bottom of tray and have long (l), short (w) sides and height (h), at l>w>h, and arranged in a row so that their long sides are parallel to each other. Permanent magnets have the same spatial orientation of poles of adjacent magnets adjoining concentrator.

EFFECT: technical result is higher efficiency of cleaning liquid nanostructured media from magnetic and weakly magnetic impurities.

18 cl, 3 ex, 2 dwg

RU 2742805 C2

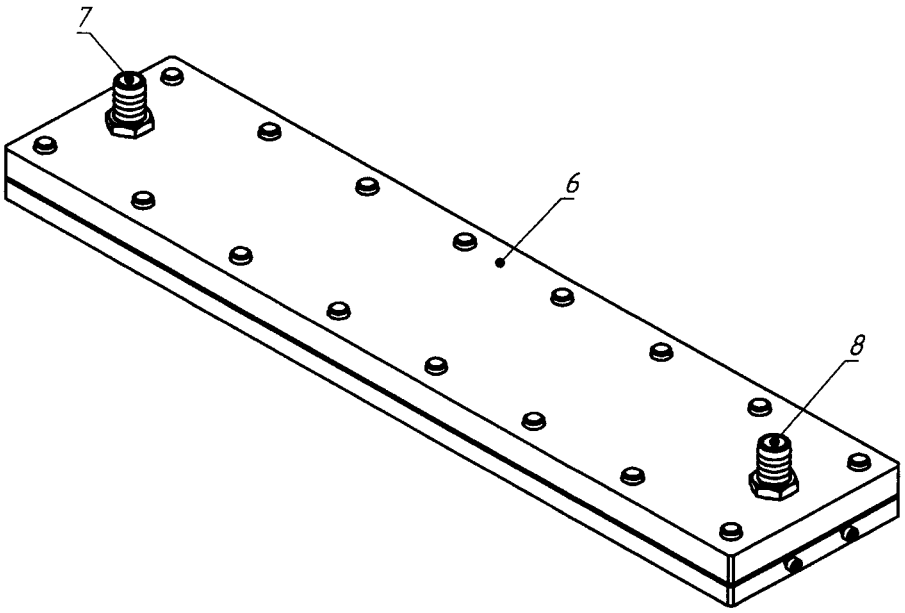


Рис.2

RU 2742805 C2

RU 2742805 C2

Изобретение относится к технологиям очистки жидких наноструктурированных сред от магнитных и слабомагнитных примесей и к устройствам, реализующим эти технологии.

Из уровня техники известен способ разделения находящихся во взвешенном состоянии в потоке жидкости относительно магнитных минеральных частиц Pm, обладающих магнитной восприимчивостью Xm при Xm>>0, и относительно немагнитных частиц Pn, обладающих магнитной восприимчивостью Xn при Xm>Xn [патент США №5356015, МПК B03C 1/025]. Способ включает размещение в канале разделительного резервуара, имеющего вход и выход, намагничиваемых элементов матрицы, намагничивание элементов матрицы до заранее определенного уровня посредством магнита, расположенного рядом с каналом, подачу потока жидкости в канал с заранее определенной скоростью с отложением относительно магнитных частиц Pm на элементах матрицы. В этом способе использован захват частиц на проволоках, которые расположены в магнитном поле, и через которые течет электрический ток. В частности, поле, создаваемое электрическим током, используются для достижения благоприятных рабочих условий. После выключения этого тока захваченные проволокой относительно магнитные частицы можно смыть.

Из уровня техники также известны магнитные сепараторы, используемые для разделения материала на магнитную и немагнитную фракции [патент Канады №1313165, МПК B03C 1/02; патент США №4190524, МПК B03C 1/02]. Магнитные сепараторы, формирующие постоянное магнитное поле, притягивают только ферромагнитные частицы/включения, в то время как высокоградиентные магнитные сепараторы, создающие переменное (неоднородное) магнитное поле, притягивают слабомагнитные, т.е. диамагнитные и/или парамагнитные частицы/включения. Разделение фракций различной намагниченности в высокоградиентном магнитном сепараторе происходит за счёт создания в рабочем пространстве областей действия пространственно-временных градиентов переменного и постоянного магнитных полей, в которых происходит удержание слабомагнитных и ферромагнитных частиц/включений, соответственно.

Из уровня техники известны сепараторы, в которых области высокой неоднородности магнитного поля (области выскоэффективного извлечения слабомагнитных частиц из текучей среды) формируются в рабочем канале за счет наличия на поверхности одного из полюсных наконечников выступов в форме усеченных и различных по высоте пирамид [патенты РФ №2116136, МПК B03C 1/025, B03C1/08; РФ №2116838, МПК B03C 1/025, B03C1/22], или в форме зигзага [патент РФ №2516608, МПК B03C 1/04], и обращенных в поток сепарируемой текучей среды.

В патенте РФ №2301709, МПК B03C 1/025, магнитная система сепаратора включает блок постоянных дисковых магнитов с чередующимися с ними через один дисковыми концентраторами, выполненными из магнитно-мягкого материала и жестко установленными на горизонтальном валу. Постоянные магниты намагничены в продольном направлении и расположены таким образом, что соседние постоянные магниты имеют противоположные направления намагниченности, а вокруг концентраторов формируется области высокой неоднородности магнитного поля.

В авторском свидетельстве СССР №1007732 очистка жидкой среды от механических примесей, содержащих ферромагнитные включения, достигается за счет того, что магнитный сепаратор включает барабан, состоящий из чередующихся магнитных и немагнитных пластин, расположенный внутри корпуса. В совокупности с тем, что дно корпуса выполнено в виде волнового профиля, где впадины расположены под немагнитными пластинами барабана, достигается сепарация. Магнитные пластины

обращены одноименными полюсами друг к другу.

Современные методы магнитного разделения эффективны для жидкостного биоразделения. Так, для выделения магнитных клеток из потока жидкости в методе экстракорпоральной фильтрации крови используется массив из постоянных редкоземельных магнитов [международная заявка WO 2017197278, МПК B03C1/025, B03C1/00, B03C1/02, B03C1/035, B03C1/04, B03C1/08]. Разделение происходит из потока жидкости в камере, расположенной на поверхности магнитного массива за счет формирования областей действия переменного магнитного поля (множества силовых линий с высоким градиентом) на стыке соседних постоянных магнитов, имеющих различную пространственную ориентацию полюсов постоянных магнитов.

Известен лотковый магнитный сепаратор для разделения исходного материала на магнитную и немагнитную фракции, описанный в Евразийском патенте №014397 [МПК B03C1/08, B03B5/70]. Сепаратор содержит пару рабочих лотков, под каждым из которых расположена магнитная система, включающая постоянные магниты и концентраторы, установленные поочередно, при этом полярность постоянных магнитов чередуют вдоль продольного направления лотка.

Силовые линии магнитного поля замыкают через концентраторы и экран, который располагают поочередно над лотками и с зазором относительно постоянных магнитов, таким образом, что вблизи концентраторов формируются локальные градиентные магнитные области в форме узких полос. Данные области направлены перпендикулярно направлению продвижения жидкой среды в лотке и предназначены для сепарации слабомагнитных частиц, в то время как ферромагнитные примеси улавливаются областями, где действует постоянное магнитное поле. Недостатками данного магнитного сепаратора является пониженная эффективность сепарации жидкостных наносруктурированных сред и

сложное конструктивное исполнение, а именно сложная технология разгрузки магнитной фракции, которая осуществляется при отводе экрана из положения над соответствующим лотком и, как следствие, ослабление магнитного поля в рабочем зазоре. Основным недостатком способа, который реализуется данным устройством, является неполная концентрация силовых линий магнитного поля в рабочем зазоре, в результате чего падает эффективность очистки.

Ближайшим аналогом предлагаемого технического решения выбран способ отделения магнитных частиц от жидкости с использованием силовых линий магнитного поля, образующих локальные высокоградиентные магнитные области, и магнитный сепаратор, представленные в международной заявке WO 2019099429 A1 [МПК B03C 1/005, B03C 1/025]. Магнитная система сепаратора состоит из массива магнитов, расположенных рядом друг с другом и имеющих различную ориентацию полюсов, которая чередуется в шахматном порядке. Поток очищаемой жидкости протекает перпендикулярно длине каждого клинового магнита. Недостатками способа магнитного отделения по заявке WO 2019099429 A1 является неполная концентрация силовых линий магнитного поля в рабочем зазоре, в результате чего падает эффективность очистки.

Раскрытие сущности изобретения

Изобретение решает задачу повышения эффективности очистки жидких наноструктурированных сред от магнитных и слабомагнитных примесей и усовершенствование устройства магнитного сепаратора, реализующего эффективную очистку жидких наноструктурированных сред от магнитных и слабомагнитных примесей.

Поставленная задача решается тем, что предлагается способ очистки жидких

наноструктурированных сред от магнитных и слабомагнитных примесей, в котором формируют поток жидкой среды и воздействуют на него

структурированным магнитным полем, сформированным последовательно установленными постоянными магнитами и ферромагнитными концентраторами, отделяющими соседние магниты один от другого, таким образом, что перпендикулярно потоку жидкой среды образуются локальные градиентные магнитные области, а структурированное магнитное поле создают постоянными магнитами, имеющими одинаковую пространственную ориентацию полюсов соседних магнитов, примыкающих к концентратору.

В предлагаемом способе очистки жидких наноструктурированных сред от магнитных и слабомагнитных примесей структурированное магнитное поле может быть создано постоянными магнитами, имеющими предпочтительно прямоугольную форму и характеризующимися длинной (l), короткой (w) сторонами и высотой (h), при l>w>h. Постоянные магниты могут быть расположены в ряд таким образом, чтобы их длинные стороны были параллельны друг другу, а сами магниты чередовались с ферромагнитными концентраторами, отделяющими соседние магниты один от другого.

Такая конфигурация постоянных магнитов и концентраторов может приводить к созданию локальных градиентных магнитных областей в виде узких полос, которые могут быть расположены перпендикулярно потоку жидкой среды. Данные локальные градиентные области могут характеризоваться высоким значением силового параметра B×gradB и существенно увеличивать эффективность сепарации слабомагнитных частиц.

Структурированное магнитное поле может быть создано постоянными магнитами, имеющими одинаковую пространственную ориентацию полюсов соседних магнитов таким образом, что полюса постоянных магнитов могут находиться на противолежащих по длине (l) сторонах магнита, или на противолежащих по ширине (w) сторонах магнита, или на противолежащих по высоте (h) сторонах магнита.

Предлагаемый способ очистки жидких наноструктурированных сред от магнитных и слабомагнитных примесей основывается на максимальной

концентрации силовых линий магнитного поля в рабочем зазоре. Для этого силовые линии магнитного поля могут замыкаться на ферромагнитных концентраторах, а также на ферромагнитных пластинах под потоком жидкой среды и/или над потоком жидкой среды.

В качестве жидкой наноструктурированной среды может быть выбрана суспензия углеродных нанотрубок, содержащая магнитные и слабомагнитные примеси, например, мелкодисперсные частицы железа, стали. Суспензия углеродных нанотрубок может включать одностенные, и/или двустенные, и/или многостенные углеродные нанотрубки и иметь вязкость суспензии не более 2500 сП. Вязкость жидкой среды может составлять более 2500 сП, в таком случае очистка возможна, однако, эффективность очистки за один цикл снижается.

Поставленная задача решается также тем, что предлагается магнитный сепаратор для очистки жидких наноструктурированных сред от магнитных и слабомагнитных примесей, содержащий лоток и магнитную систему, включающую последовательно установленные постоянные магниты прямоугольной формы и ферромагнитные концентраторы, отделяющие соседние магниты один от другого, при этом магниты установлены на дне лотка и имеют длинную (l), короткую (w) стороны и высоту (h), при l>w>h, и расположены в ряд так, что их длинные стороны параллельны друг другу, а постоянные магниты имеют одинаковую пространственную ориентацию полюсов соседних магнитов, примыкающих к концентратору.

На дне лотка может быть установлена ферромагнитная пластина, на которой последовательно расположены постоянные магниты прямоугольной формы и ферромагнитные концентраторы, отделяющие соседние магниты один от другого. Лоток может быть снабжен входом и выходом для жидкой среды, таким образом, что жидкая среда может продвигаться вдоль поверхности постоянных магнитов от входа к выходу.

Лоток может быть снабжён герметичной крышкой, установленной над постоянными магнитами таким образом, что может быть образован рабочий зазор между постоянными магнитами и внутренней поверхностью крышки. На внутренней поверхности крышки может быть расположена ферромагнитная пластина, способствующая концентрации силовых линий магнитного поля в рабочем зазоре.

Упомянутая ферромагнитная пластина может иметь на своей поверхности выступы, сформированные соседними бороздами таким образом, что борозды ориентированы по направлению продвижения жидкой среды.

Ферромагнитный материал концентраторов и пластины может быть выбран из группы магнитно-мягких материалов, имеющих небольшие показатели напряженности магнитного поля, но в то же самое время обладающих магнитной проницаемостью менее $8{,}0\times10^{-4}$ Гн/м и невысокими потерями гистерезисного характера. Так, в качестве ферромагнитного материала могут быть выбраны сплавы с добавлением никеля и/или железа (пермаллои), например, сплавы на основе Fe-Ni, или сплавы на основе Fe-Co, или сплавы Fe-Al и Fe-Si-Al, или сплавы на основе Fe-Co-Ni; или оксидные ферромагнетики (ферриты), например, материалы, включающие соединения оксидов переходных металлов, в основном оксида железа Fe_2O_3 и цинка ZnO с более основными оксидами других металлов; или магнитодиэлектрики, т.е. материалы, включающие мелкодисперсный порошок карбонильного железа, или молибденового пермаллоя или альсифера, со связкой-диэлектриком, например, такой как бакелит, полистирол, резина.

Постоянные магниты могут быть изготовлены из магнитотвердых материалов с высокой остаточной магнитной индукцией, сохраняющих состояние намагниченности в течение длительного времени, например, из сплавов редкоземельных металлов на основе Nd-Fe-B, или Sm-Co, или из бариевых и стронциевых магнитотвердых ферритов, или изготовлены на основе сплава Al-Ni-Co-Fe.

Последовательно установленные постоянные магниты и ферромагнитные концентраторы, отделяющие соседние магниты один от другого, образуют магнитную систему, на поверхности которой может быть установлена плёнка, отделяющая поверхность магнитной системы от удерживаемых магнитных и слабомагнитных примесей.

Материал плёнки может выбираться таким образом, чтобы плёнка оставалась химически устойчивой при взаимодействии с очищаемой наноструктурированной жидкой средой и может быть выбран из ряда термопластичных полимеров, например, таких, как полиэтилен, полипропилен, поликарбонат, лавсан. Дополнительно, плёнка может быть установлена на поверхности ферромагнитной пластины, расположенной на внутренней стороне крышки, и отделять её поверхность от удерживаемых магнитных и слабомагнитных примесей.

Постоянные магниты могут иметь одинаковую пространственную ориентацию полюсов соседних магнитов, таким образом, что полюса постоянных магнитов могут находятся на противолежащих по длине (l) сторонах магнита, или на противолежащих по ширине (w) сторонах магнита, или на противолежащих по высоте (h) сторонах магнита.

В качестве очищаемой жидкой наноструктурированной среды может быть выбрана суспензия углеродных нанотрубок, содержащая магнитные и слабомагнитные примеси, например, мелкодисперсные частицы железа, и/или стали. Суспензия углеродных нанотрубок может включать одностенные, и/или двустенные, и/или многостенные углеродные нанотрубки и иметь вязкость суспензии не более 2500 сП. Вязкость жидкой среды может составлять более 2500 сП, в таком случае очистка возможна, однако, эффективность очистки за один цикл снижается.

Способ очистки жидкой наноструктурированной среды от магнитных и слабомагнитных примесей описан ниже и приведен со ссылками на устройство, реализующее данный способ, на рисунке 1. На рисунке 1

представлен магнитный сепаратор для очистки жидких наноструктурированных сред от магнитных и слабомагнитных примесей в форме лотка (1), на дне которого установлена ферромагнитная пластина (не показана на рисунке 1). На ферромагнитной пластине последовательно расположены постоянные магниты прямоугольной формы (2) и ферромагнитные концентраторы (3), отделяющие соседние магниты один от другого. Постоянные магниты характеризуются длинной (l), короткой (w) сторонами и высотой (h), при l>w>h и имеют одинаковую пространственную ориентацию полюсов соседних магнитов, находящихся на противолежащих по длине (l) сторонах магнита, или на противолежащих по ширине (w) сторонах магнита, или на противолежащих по высоте (h) сторонах магнита.

Очищаемая жидкая наноструктурированная среда подаётся на вход (4) магнитного сепаратора и продвигается вдоль поверхности постоянных магнитов и ферромагнитных концентраторов от входа к выходу (5), создавая ламинарный поток, который формируется автоматически за счёт высокой вязкости жидкой среды или за счёт наклонного расположения магнитного сепаратора.

Силовые линии магнитного поля замыкаются через ферромагнитные концентраторы, а также через ферромагнитную пластину, расположенную на дне лотка под потоком жидкой наноструктурированной среды.

Структурированное магнитное поле, сформированное последовательно установленными постоянными магнитами и ферромагнитными концентраторами, воздействует на поток жидкой наноструктурированной среды, таким образом, что перпендикулярно потоку жидкой среды образуются локальные градиентные магнитные области, в которых происходит удержание слабомагнитных примесей, содержащихся в жидкой наноструктурированной среде. При этом магнитные частицы удерживаются в области, где действует пространственно структурированное магнитное поле, а немагнитные частицы свободно проходят вдоль поверхности постоянных магнитов и

ферромагнитных концентраторов к выходу. Удержанные магнитные и слабомагнитные примеси удаляются с поверхности постоянных магнитов и ферромагнитных концентраторов с помощью скребка либо ракельного ножа или, как вариант, удаляется плёнка с удержанными примесями, если она расположена на поверхности постоянных магнитов.

Сложность очистки жидкой наноструктурированной среды от слабомагнитных или магнитных частиц размером до 100 нм заключается в том, что частицы такого размера в силу вязкости жидкой наноструктурированной среды, плохо дрейфуют из толщины слоя жидкой среды к поверхности постоянных магнитов и ферромагнитных концентраторов, таким образом, снижая эффективность очистки. Для таких систем лоток может быть снабжён крышкой (6), герметично установленной над постоянными магнитами с образованием рабочего зазора между поверхностью постоянных магнитов

и внутренней поверхностью крышки (рисунок 2). На внутренней поверхности крышки, со стороны рабочего зазора, расположена дополнительная ферромагнитная пластина, которая может иметь на своей поверхности выступы, сформированные соседними бороздами таким образом, что борозды ориентированы по направлению продвижения жидкой среды. Силовые линии магнитного поля в такой системе замыкаются через ферромагнитные концентраторы, а также ферромагнитные пластины, расположенные под потоком и над потоком жидкой наноструктурированной среды.

Очищаемая жидкая наноструктурированная среда подаётся через входное отверстие (7) магнитного сепаратора в рабочий зазор и продвигается вдоль поверхности постоянных магнитов и ферромагнитных концентраторов к выходу (8).

На поверхности постоянных магнитов и ферромагнитных концентраторов и на поверхности ферромагнитной пластины крышки может быть расположена плёнка. Удержанные магнитные и слабомагнитные

примеси удаляются с поверхностей постоянных магнитов и ферромагнитных концентраторов и пластины с помощью скребка либо ракельного ножа, или удаляется полимерная плёнка с удержанными примесями, если она расположена на указанных поверхностях.

Особенности предлагаемого изобретения описаны более подробно в следующих примерах, которые иллюстрируют, но не ограничивают собой предлагаемое изобретение.

ПРИМЕР 1

Магнитный сепаратор для очистки суспензии углеродных нанотрубок имеет форму лотка (1), на дне которого установлена ферромагнитная пластина из низкоуглеродистой стали. На ферромагнитной пластине последовательно расположены постоянные магниты прямоугольной формы и ферромагнитные концентраторы, отделяющие соседние магниты один от другого. Постоянные магниты выполнены из сплавов редкоземельных металлов на основе Nd-Fe-B с характерными полями постоянных магнитов равными 11-12 КГс. Постоянные магниты имеют одинаковую пространственную ориентацию полюсов соседних магнитов, которые находятся на противолежащих по высоте (h) сторонах магнита.

На поверхности постоянных магнитов и ферромагнитных концентраторов установлена полиэтиленовая плёнка толщиной 50 мкм.

Лоток снабжён крышкой, герметично установленной над постоянными магнитами с образованием рабочего зазора между поверхностью постоянных магнитов и внутренней поверхностью крышки. На внутренней поверхности крышки расположена дополнительная ферромагнитная пластина, которая имеет выступы, сформированные соседними бороздами, ориентированными по направлению продвижения суспензии углеродных нанотрубок. На поверхности ферромагнитной пластины также установлена полиэтиленовая плёнка толщиной 50 мкм.

В качестве очищаемой жидкой наноструктурированной среды выбрана 0,2 мас.% суспензия одностенных углеродных нанотрубок в N-метилпирролидоне, содержащая мелкодисперсные частицы железа и стали в количестве менее 1 мас.%. Вязкость суспензии составляет около 2500 сП.

Поток 500 мл 0,2 мас.% суспензии углеродных нанотрубок в N-метилпирролидоне подают под давлением через входное отверстие магнитного сепаратора (7 на рисунке 2) в рабочий зазор. Суспензия углеродных нанотрубок прокачивается со скоростью 60 см/мин вдоль поверхности постоянных магнитов и ферромагнитных концентраторов к выходу (8 на рисунке 2). Длина рабочей поверхности лотка составляет 48 см.

В случае, когда магнитный сепаратор снабжен крышкой, силовые линии магнитного

поля замыкаются через ферромагнитные концентраторы, а также через ферромагнитные пластины, расположенные под потоком и над потоком жидкой наноструктурированной среды, образуя локальные градиентные магнитные области, в которых происходит удержание слабомагнитных примесей. При этом магнитные частицы удерживаются в областях, где действует постоянное магнитное поле.

После завершения цикла очистки полимерная плёнка удаляется вместе с удержанными слабомагнитными и магнитными примесями.

В процессе одного цикла очистки суспензия 0,2 мас.% одностенных углеродных нанотрубок в N-метилпирролидоне очищается от магнитных и слабомагнитных примесей на 20 мас.%.

ПРИМЕР 2

Магнитный сепаратор для очистки суспензии углеродных нанотрубок имеет офрму лотка (1), на дне которого установлена ферромагнитная пластина из низкоуглеродистой стали. На ферромагнитной пластине последовательно расположены постоянные магниты прямоугольной формы и ферромагнитные концентраторы, отделяющие соседние магниты один от другого. Постоянные магниты выполнены из сплавов редкоземельных металлов на основе Nd-Fe-B

с характерными полями постоянных магнитов равными 11-12 КГс. Постоянные магниты имеют одинаковую пространственную ориентацию полюсов соседних магнитов, которые находятся на противолежащих по высоте (h) сторонах магнита.

На поверхности постоянных магнитов и ферромагнитных концентраторов установлена полиэтиленовая плёнка толщиной 50 мкм.

В качестве очищаемой жидкой наноструктурированной среды выбрана 0,2 мас.% суспензия одностенных углеродных нанотрубок в воде, содержащая мелкодисперсные частицы железа и стали в количестве менее 1 мас.%. Вязкость суспензии составляет около 2500 сП.

Поток 500 мл 0,2 мас.% суспензии углеродных нанотрубок в воде подают на вход магнитного сепаратора (4 на рисунке 1). Суспензия углеродных нанотрубок прокачивается со скоростью 70 см/мин вдоль поверхности постоянных магнитов и ферромагнитных концентраторов к выходу (5 на рисунке 1). Длина рабочей поверхности лотка составляет 48 см.

Силовые линии магнитного поля замыкаются через ферромагнитные концентраторы, а также через ферромагнитную пластину, расположенную под потоком жидкой наноструктурированной среды, образуя локальные градиентные магнитные области, в которых происходит удержание слабомагнитных примесей. При этом магнитные частицы удерживаются в областях, где действует постоянное магнитное поле.

После завершения цикла очистки полимерная плёнка удаляется вместе с удержанными слабомагнитными и магнитными примесями.

В процессе одного цикла очистки суспензия 0,2 мас.% одностенных углеродных нанотрубок в воде очищается от магнитных и слабомагнитных примесей на 10 мас.%.

ПРИМЕР 3

Устройство магнитного сепаратора такое же, как в Примере 1.

В качестве очищаемой жидкой наноструктурированной среды выбрана 0,5 масс.% суспензия одностенных углеродных нанотрубок в N-метилпирролидоне, содержащая мелкодисперсные частицы железа и стали в количестве менее 1 масс %. Вязкость суспензии составляет около 2500 сП.

Поток 500 мл 0,5 мас.% суспензии углеродных нанотрубок в N-метилпирролидоне подают под давлением через входное отверстие магнитного сепаратора (7 на рисунке

2) в рабочий зазор. Суспензия углеродных нанотрубок прокачивается со скоростью 60 см/мин вдоль поверхности постоянных магнитов и ферромагнитных концентраторов к выходу (8 на рисунке 2). Длина рабочей поверхности лотка составляет 48 см.

В процессе одного цикла очистки суспензия 0,5 мас.% одностенных углеродных нанотрубок в N-метилпирролидоне очищается от магнитных и слабомагнитных примесей на 20 мас.%.

(57) Формула изобретения

1. Способ очистки жидких наноструктурированных сред от магнитных и слабомагнитных примесей, в котором формируют поток жидкой среды и воздействуют на него структурированным магнитным полем, сформированным последовательно установленными постоянными магнитами и ферромагнитными концентраторами, отделяющими соседние магниты один от другого, таким образом, что перпендикулярно потоку жидкой среды образуются локальные градиентные магнитные области, отличающийся тем, что структурированное магнитное поле создают постоянными магнитами, имеющими одинаковую пространственную ориентацию полюсов соседних магнитов, примыкающих к концентратору.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что магнитное поле создают постоянными магнитами прямоугольной формы, имеющими длинную (l), короткую (w) стороны и высоту (h), при l>w>h, и располагают их в ряд так, что их длинные стороны параллельны друг другу.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что полюса постоянных магнитов находятся на противолежащих по длине (l) сторонах магнита, или на противолежащих по ширине (w) сторонах магнита, или на противолежащих по высоте (h) сторонах магнита.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что силовые линии магнитного поля замыкают под потоком жидкой наноструктурированной среды и/или над потоком жидкой наноструктурированной среды.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что жидкая наноструктурированная среда является высоковязкой суспензией углеродных нанотрубок.

6. Способ по п.5, отличающийся тем, что вязкость суспензии составляет не более 2500 сП.

7. Способ по п.5, отличающийся тем, что углеродные нанотрубки являются одностенными, или двустенными, или многостенными.

8. Магнитный сепаратор для очистки жидких наноструктурированных сред от магнитных и слабомагнитных примесей, содержащий лоток и магнитную систему, включающую последовательно установленные постоянные магниты прямоугольной формы и ферромагнитные концентраторы, отделяющие соседние магниты один от другого, отличающийся тем, что магниты установлены на дне лотка и имеют длинную (l), короткую (w) стороны и высоту (h), при l>w>h, и расположенные в ряд так, что их длинные стороны параллельны друг другу, при этом постоянные магниты имеют одинаковую пространственную ориентацию полюсов соседних магнитов, примыкающих к концентратору.

9. Сепаратор по п.8, отличающийся тем, что лоток снабжен входом и выходом для жидкой среды, расположенными таким образом, что жидкая наноструктурированная среда продвигается вдоль поверхности постоянных магнитов от входа к выходу.

10. Сепаратор по п.8, отличающийся тем, что лоток снабжён крышкой, которая установлена над постоянными магнитами с зазором относительно них.

11. Сепаратор по п.8, отличающийся тем, что на внутренней поверхности крышки

установлена ферромагнитная пластина, имеющая выступы.

12. Сепаратор по п.11, отличающийся тем, что выступы сформированы соседними бороздами, которые выполнены на поверхности ферромагнитной пластины и ориентированы по направлению продвижения жидкой наноструктурированной среды.

13. Сепаратор по п.11, отличающийся тем, что на ферромагнитной пластине расположена плёнка.

14. Сепаратор по п.11, отличающийся тем, что ферромагнитный материал выбран из ряда: сплавы на основе Fe-Ni, или сплавы на основе Fe-Co, или сплавы Fe-Al и Fe-Si-Al, или сплавы на основе Fe-Co-Ni.

15. Сепаратор по п.8, отличающийся тем, что постоянные магниты выполнены из сплавов редкоземельных металлов на основе Nd-Fe-B, или Sm-Co, или из бариевых и стронциевых магнитотвердых ферритов, или изготовлены на основе сплава Al-Ni-Co-Fe.

16. Сепаратор по п.9, отличающийся тем, что на поверхности постоянных магнитов расположена плёнка.

17. Сепаратор по п.9, отличающийся тем, что полюса постоянных магнитов находятся на противолежащих по длине (l) сторонах магнита, или на противолежащих по ширине (w) сторонах магнита, или на противолежащих по высоте (h) сторонах магнита.

18. Сепаратор по п.14 или 17 отличающийся тем, что плёнка является химически устойчивой к используемой жидкой наноструктурированной среде.

1

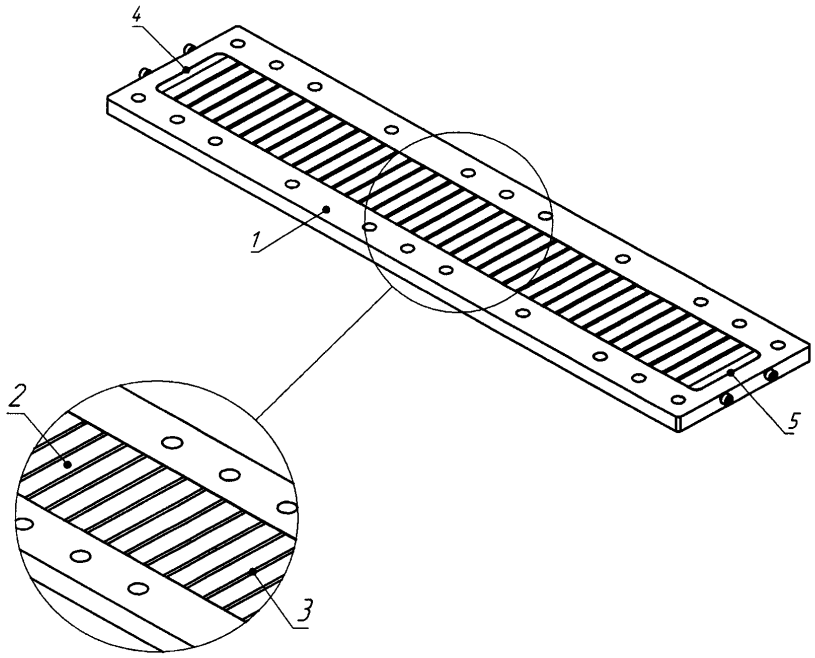


Рис.1

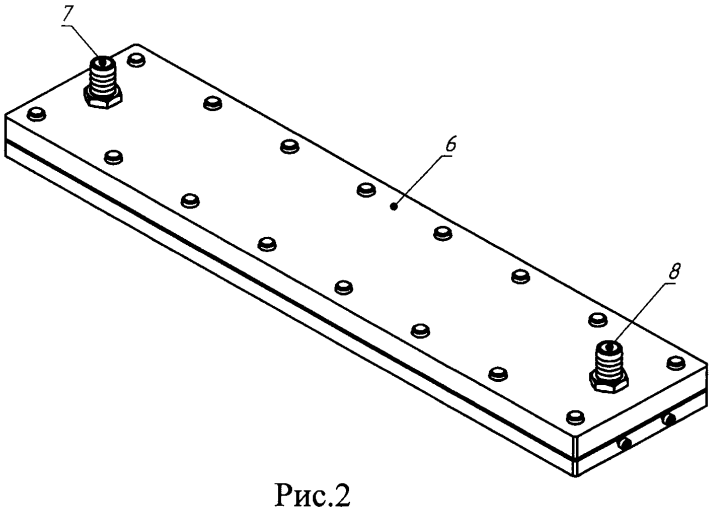


Рис.2