



УКРАЇНА

(19) UA (11) 97441 (13) C2

(51) МПК

B01D 21/01 (2006.01)

C02F 1/52 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ФЛОКУЛЯТОР

1

(21) а201010843  
(22) 08.09.2010  
(24) 10.02.2012  
(46) 10.02.2012, Бюл.№ 3, 2012 р.  
(72) РУЛЬОВ МИКОЛА МИКОЛАЙОВИЧ  
(73) РУЛЬОВ МИКОЛА МИКОЛАЙОВИЧ  
(56) CN 201389362 Y; 27.01.2010  
SU 740289; 15.06.1980  
CN 101850193 A; 06.10.2010  
US 2010038293 A1; 18.02.2010  
WO 88/10239 A1; 29.12.1988  
JP 3143509 A; 19.06.1991  
RU 2350398 C2; 27.03.2009

(57) 1. Флокулятор, що містить трубу зі входом для оброблюваної суспензії на одному її кінці і виходом на іншому її кінці, всередині якої послідовно розташовано множину рухомих перемішувачів

2

елементів, який відрізняється тим, що труба має прямокутний переріз, одна сторона якого більша за іншу, а перемішувачі елементи встановлені з можливістю незалежного обертання на осях, які розташовані перпендикулярно до більшої сторони труби.

2. Флокулятор за п. 1, який відрізняється тим, що містить множину паралельно розташованих труб з прямокутними перерізами, одна сторона яких більша за іншу, а перемішувачі елементи встановлені з можливістю незалежного обертання на осях, які розташовані перпендикулярно до більших сторін труб.

3. Флокулятор за п. 1 або п. 2, який відрізняється тим, що рухомі перемішувачі елементи виконані у вигляді дисків, встановлених з можливістю регулювання швидкості обертання незалежно один від одного.

Винахід належить до галузі сепарації фаз суспензій з використанням флокулянтів, зокрема, до пристроїв для інтенсифікації процесу флокуляції і збільшення здатності твердої фази до згущування шляхом седиментації (центрифугування) і до обезводнення шляхом фільтрації - флокулятором.

Застосування водорозчинних полімерів (флокулянтів) дозволяє істотно полегшити процес сепарації фаз суспензій, що зробило їх невід'ємним компонентом багатьох технологічних процесів, включаючи: очищення муніципальних та промислових стоків; переробку мінеральної сировини; виробництво пігментів; виробництво цукру та інш. Основна дія молекул флокулянта полягає в тому, щоб зв'язувати частинки дисперсної фази у великі і щільні агрегати (флокули), надаючи їм тим самим здатність швидко відділятися від дисперсійного середовища седиментацією (центрифугуванням) і фільтруванням. Для прискорення процесу флокуляції і збільшення його ефективності суспензію відразу після введення розчину флокулянта піддають перемішуванню. Останнє потрібне для рівномірного розподілу молекул флокулянта по об'єму суспензії і адсорбції на поверхні

флокульованих частинок. Крім того, перемішування істотно збільшує частоту зіткнення частинок, прискорюючи тим самим процес формування і зростання флокул, що особливо важливо для розбавлених суспензій. Як відомо, оптимальна інтенсивність і тривалість перемішування суспензії залежать від її концентрації, дисперсності частинок і властивостей флокулянта. Як основну характеристику процесу прийнято використовувати число Кемпа, визначуваного по формулі:

$$Ka=Gt, \quad (1)$$

де:  $t$  - час перемішування, а  $G$  - усереднений градієнт швидкості середовища (швидкість зсуву), який створює перемішувачий пристрій - флокулятор.

Зазвичай, оптимальні значення числа  $Ka$  лежать в досить вузькому діапазоні. Якщо суспензію обробляти при недостатньо великих числах Кемпа, суспензія буде погано сфлокульована і містити дуже багато дрібних флокул і вільних частинок дисперсної фази. Якщо ж обробляти суспензію при занадто великих значеннях числа Кемпа, то вільних частинок буде мало, але і розмір флокул буде також малий. Обробка суспензії при оптимальних

(13) C2

(11) 97441

(19) UA

значеннях числа Кемпа дозволяє отримати великі щільні флокули і практично повну відсутність вільних частинок в дисперсійному середовищі. Відомо також, що максимальний розмір флокул  $d_{\max}$  пов'язаний з усередненим значенням швидкості зсуву  $G$  співвідношенням:

$$d_{\max} = A/G^n, \quad (2)$$

де  $1 \leq n \leq 2$ .

З цього випливає, що для досягнення максимального розміру флокул за мінімальний час обробки суспензії швидкість зсуву  $G$  треба зменшувати у міру збільшення.

Відомі прості флокулятори, т.з. статичні міксери, в яких перемішування суспензії здійснюється за рахунок завихрювань і турбулентностей, створюваних за допомогою перешкод та каскадів, що розташовуються на шляху руху суспензії, наприклад, статичні флокулятори, серед яких розрізняють ступінчасті, горизонтальні лабіринтові і вертикальні лабіринтові [див., наприклад, патент Японії JP58205507]. Основними недоліками таких статичних флокуляторів, є неможливість регулювання числа Кемпа в широкому діапазоні, і велика вірогідність їх замулювання при обробці концентрованих суспензій. Ефективнішими є динамічні флокулятори, в яких градієнти швидкості середовища створюються як за допомогою нерухомих перешкод, так і за допомогою елементів, що рухаються з певною швидкістю. Ідеальним, з точки зору однорідності перемішування при заданому значенні величини  $G$ , є т.з. флокулятор Куетта, що являє собою циліндр, який обертається з певною швидкістю в іншому, співвісному з першим, циліндрі [Патент Південно-Африканської Республіки ZA95004 67]. Істотним недоліком такого флокулятора є низька питома продуктивність (продуктивність на одиницю об'єму робочої камери), обумовлена тим, що основну частину об'єму робочої камери займає внутрішній циліндр, а робочий простір складає тільки вузький проміжок між циліндрами.

Істотно вищу питому продуктивність має флокулятор, що описаний в патенті Японії JP2000350992, який являє собою циліндричну камеру, що містить в її нижній частині вхід для оброблюваної суспензії і розчину флокулянта, пристрій переливання у верхній частині та розташовану усередині камери мішалку (обертювий шток з лопатками). Основним недоліком такого флокулятора є те, що в результаті наявності вертикальних конвективних потоків, створюваних мішалкою, частина суспензії проходить транзитом з входу до виходу (переливу) флокулятора, що знижує продуктивність і якість обробки суспензії в цілому, оскільки в суспензії залишається багато несфлукльованих частинок і дрібних флокул. Окрім того, у такому флокуляторі завдяки вертикальному перемішуванню не можна поступово зменшувати швидкість зсуву  $G$  у міру збільшення флокул. Часткове усунення згаданих недоліків може бути досягнуте за рахунок використання декількох таких послідовно сполучених флокуляторів меншого розміру [Патент Японії JP2005013860]. На жаль, це не завжди прийнятно з точки зору вартості еквівален-

тного по продуктивності пристрою, його експлуатаційних витрат і займаної виробничої площі.

Істотно вищу якість флокуляції забезпечує флокулятор, описаний в патенті США 3933642, який являє собою довгу трубу, яка має вхід для оброблюваної суспензії на одному її кінці і вихід на іншому її кінці, причому площа перерізу згаданої труби збільшується у міру просування від входу до виходу, за рахунок чого досягається зменшення швидкості зсуву  $G$  у міру проходження суспензії по трубі. Така труба, зокрема, може являти собою згорнуті у бухту послідовно з'єднані відрізки труби, довжина та площа перерізу яких підбираються таким чином, щоб умови гідродинамічної обробки суспензії (швидкість зсуву  $G$  та час обробки  $t$ ) були оптимальними. Суттєвим недоліком такого флокулятора є неможливість регулювання режиму обробки суспензії у трубі в залежності від витрати, концентрації та властивостей суспензії. Це обумовлено тим, що швидкість зсуву  $G$  і час обробки  $t$ , на відрізку каналу довжиною  $l$ , та площиною перерізу  $S$ , пов'язані з витратою суспензії  $Q$  співвідношеннями:

$$G_i \approx \frac{\sqrt{\pi Q}}{S_i \sqrt{S_i}}, \quad (3)$$

$$t_i = \frac{l_i Q}{S_i}. \quad (4)$$

З наведених формул випливає, що, наприклад, для збільшення швидкості зсуву  $G_i$  на якось  $i$ -тому відрізку каналу при сталому часу обробки  $t_i$  і витраті суспензії  $Q$ , необхідно змінювати як площу перерізу каналу  $S_i$ , так і його довжину  $l_i$ , що дуже незручно з практичної точки зору. Окрім того, створення великих швидкостей зсуву  $G_i$  при заданих витраті суспензії  $Q$  і часі обробки  $t_i$  (як це потребується, наприклад, при обробці водомасляних емульсій), пов'язано з суттєвим зменшенням площі перерізу відрізка труби  $S$ , та збільшенням його довжини  $l$ . В результаті, суттєво зменшується питома продуктивність флокулятора і збільшується тиск у трубі та навантаження на насос, що живить флокулятор.

Відомий також пристрій, описаний в Патенті КНР CN 201389362 (Y), яке може бути використане як флокулятор і є найближчим аналогом технічного рішення, що заявляється, що являє собою круглу трубу, всередині якої розташована множина рухомих перемішувачів елементів, що обертаються на спільній осі, розташованій у центрі труби. Суттєвим недоліком такого пристрою як флокулятора є те, що він не забезпечує відносно однорідний розподіл величини швидкості зсуву  $G$  як по перерізу труби, так і вздовж її осі. Дійсно, біля стінки труби, де лінійна швидкість перемішувачів елементів максимальна, а відстань між нерухомою поверхнею труби та поверхнею перемішувача елемента, що рухається, максимальна, утворюються дуже великі швидкості зсуву. Навпаки, в інших точках об'єму труби, де відстань між поверхнями перемішувачів елементів і стінки труби велика, вони суттєво менше і практично дорівнюють

нулю в центральній частині труби. Окрім того, розташування перемішувачів на спільній осі обмежує можливості міняти режим перемішування суспензії по мірі її просування уздовж труби.

Задачею цього винаходу є збільшення якості флокуляції та питомої продуктивності флокулятора за рахунок рівномірного розподілу швидкості зсуву по об'єму флокулятора, а також створення можливостей для оперативного регулювання режиму флокуляції в різних частинах флокулятора в залежності від концентрації, витрати та властивостей суспензії.

Вирішення поставленої задачі досягається за рахунок того, що флокулятор виконується у формі труби прямокутного перерізу, одна сторона якого більша за іншу, всередині якої встановлено множину послідовно розташованих рухомих перемішувачів, які незалежно обертаються на осях, що проходять перпендикулярно до більшої стінки труби, що дозволяє забезпечити на кожній ділянці труби приблизно однакові значення швидкості зсуву  $G$  та створює можливість оперативно змінювати режим обробки суспензії вздовж труби за рахунок взаємозалежного регулювання швидкості обертання перемішувачів.

На Фіг. 1 показаний флокулятор, який містить трубу прямокутного перерізу 1 зі входом 2 на одному її кінці і виходом 4 на іншому її кінці. З метою створення на кожній ділянці труби течії з оптимальним значенням швидкості зсуву  $G$ , в трубі послідовно розташовано множину рухомих перемішувачів 3, які незалежно обертаються на осях 5, які розташовані перпендикулярно до більшої стінки труби, зі швидкістю, що регулюється. Такі форма труби і розташування рухомих перемішувачів забезпечує приблизно однакові відстані між нерухомими стінками труби та поверхнею перемішувачів, що дозволяє забезпечити приблизно однорідний розподіл значень швидкості зсуву в усьому об'ємі флокулятора.

Флокулятор працює таким чином. Суспензія проходить зі входу 2 флокулятора до його виходу 4 через усі ділянки розташування рухомих перемішувачів 3, де здійснюється її перемішування при оптимальних значеннях швидкості зсуву  $G$ . Швидкість обертання перемішувачів підбирають таким чином, щоб усереднене значення швидкості зсуву  $G$  монотонно зменшувалось від входу 2 до виходу 4 труби 1. Довжина труби 1 та кількість її розмір рухомих перемішувачів 3 підбирають таким чином, щоб забезпечити якісну обробку суспензії за найкоротший час і отримати максимально великі та щільні флокули. Збільшення продуктивності флокулятора може досягатися як за рахунок збільшення його довжини, так і за рахунок збільшення кількості паралельно розташованих труб, як це показано Фіг. 2.

Наявність у трубі 1 рухомих перемішувачів 3, швидкість обертання яких можна регулювати незалежно один від одного, дозволяє оперативно підбирати оптимальні умови обробки суспензії в залежності від її концентрації, витрати та властивостей завислих частинок, не змінюючи конструктивних елементів флокулятора. Так, наприклад, час флокулярної обробки суспензії можна змінювати при сталій її витраті  $Q$  шляхом відключення приводів одного чи декількох перемішувачів біля входу 2 чи/та виходу 4 каналу 1. Відомо, що більш концентровані суспензії слід обробляти коротший час та при менших швидкостях зсуву  $G$ , ніж розбавлені суспензії. Запропонована конструкція флокулятора дозволяє при зміні концентрації суспензії за допомогою системи автоматики оперативно змінювати за визначеним алгоритмом швидкість обертання перемішувачів 3, забезпечуючи таким чином оптимальні умови обробки суспензії.

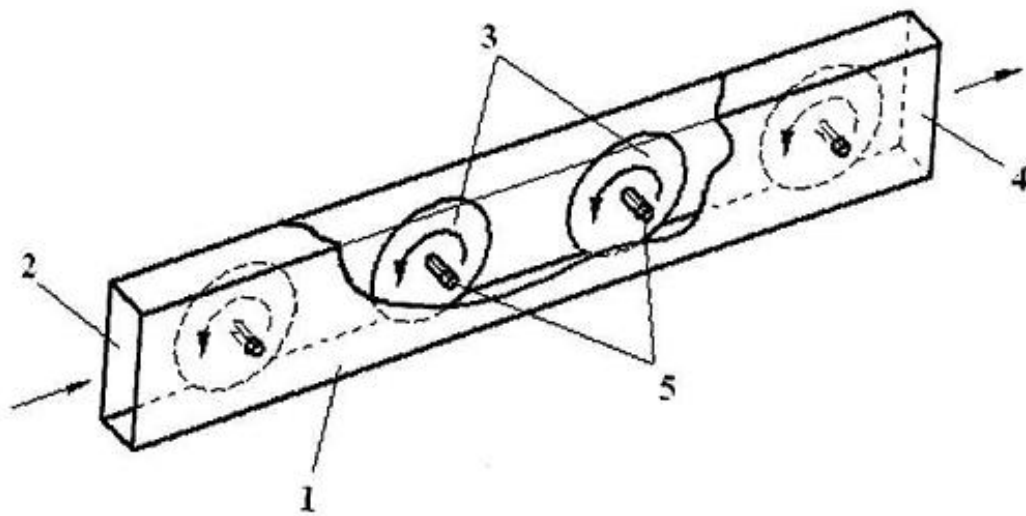


Fig. 1

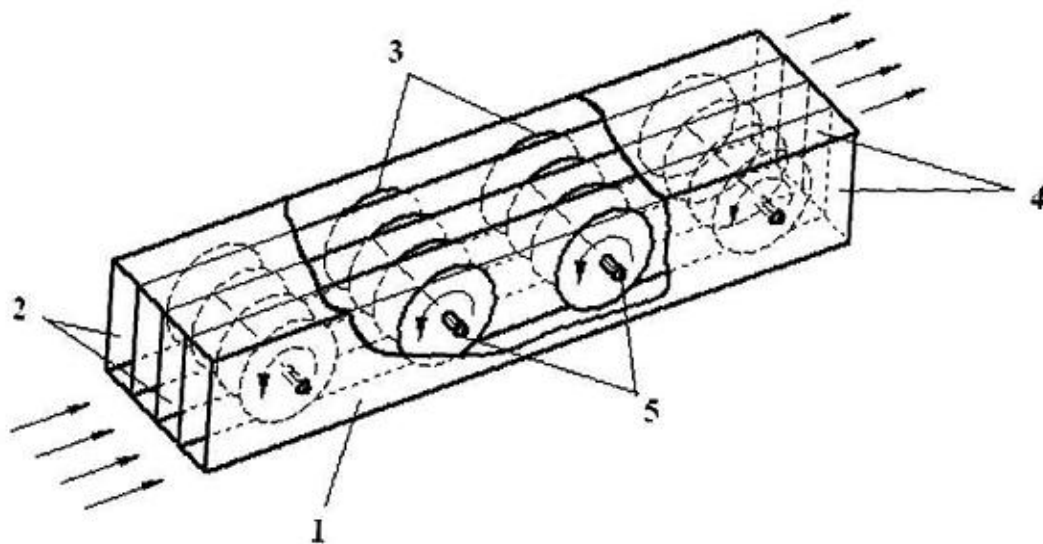


Fig. 2