

Винахід відноситься до технології магнітної сепарації матеріалів і може бути використаний для вилучення магнітних домішок з рідких, газоподібних і сипучих середовищ, що негативно впливають на якість основного продукту.

Відомий спосіб вилучення магнітних матеріалів, що включає вплив на середовище магнітного поля, яке генерується постійним магнітом, який знаходиться в товстостінному циліндрі з магнітом'якої сталі при обтіканні циліндра середовищем, яке очищається, що реалізований у пристрої [1].

Недоліком способу є низька ефективність вилучення магнітних домішок у результаті замикання значної частини магнітного потоку по стінках циліндра між полюсами. Тому тільки незначна частина енергії магнітного поля використовується для осадження домішок на кінчику масивного циліндра, отже, неефективно використовується і площа поверхні масообміну між елементом осадження (циліндр) і середовищем, яке очищається.

Найбільш близьким до запропонованого по технічній сутності і результату, що досягається, є спосіб вилучення магнітних частинок з рідких середовищ з використанням осаджуючих елементів шляхом впливу на середовище неоднорідного магнітного поля з боку магнітної системи, розташованої усередині осаджуючих елементів при їхньому обтіканні середовищем, який впроваджений в пристрої [2].

Недоліком відомого способу є те, що його реалізація не може забезпечити високої ефективності вилучення домішок, максимального використання енергії магнітного поля. Магнітна система, яка генерує магнітне поле, характеризується нерівномірним розподілом магнітних сил поля в об'ємі середовища, що очищається, уздовж кожного з осаджувальних елементів, створюючи зони максимального магнітного впливу і такі, у яких магнітних сил недостатньо для вилучення частинок домішок, коли час дії поля на частинки залишається сталим. Тому уздовж довжини осаджувальних елементів (при їхньому поперечному обтіканні) спостерігається невідповідність значень між силами магнітного притягання (F_{μ}) частинок до елементів осадження і гідродинамічної (стоксової, F_c), що сприяє захопленню частинки потоком основного продукту. Ефективне відділення відбувається при виконанні умови: $F_{\mu} > F_c$, яка не забезпечується пристроєм-прототипом в результаті наявності зон уздовж осаджуючих елементів, в яких F_{μ} незначна, а це означає, що в них $F_{\mu} < F_c$ і часу впливу магнітного поля недостатньо для переміщення частинок до поверхні осаджуючих елементів. В результаті цього, частина домішок захоплюється і виноситься середовищем, яке очищається, що і призводить до зниження загальної ефективності їх вилучення.

В основу винаходу поставлена задача, у способі вилучення магнітних частинок з рідких, газоподібних і сипучих середовищ і пристрої для його здійснення, формування потоку середовища (із урахуванням топології магнітного поля), шляхом обладнання пристрою розподільниками-формувачами потоку середовища в об'ємі корпусу пристрою, усунення зон недостатнього магнітного силового впливу на частинки домішок.

Поставлена задача реалізується в способі вилучення магнітних частинок з рідких, газоподібних і сипких середовищ з використанням осаджуючих елементів шляхом впливу на середовище неоднорідного магнітного поля з боку магнітної системи, розташованої всередині осаджуючих елементів при обтіканні їх середовищем, за рахунок того, що потік середовища формують з урахуванням топології магнітного поля.

Поставлена задача реалізується в способі вилучення магнітних частинок з рідких, газоподібних і сипких середовищ за рахунок того, що потік середовища спрямовують таким чином, що він обминає зони із слабким магнітним полем, з яких не забезпечується осадження магнітних частинок.

Поставлена задача реалізується в магнітному сепараторі, що включає корпус з немагнітною кришкою, в якому розташований магнітний блок у вигляді осаджуючих елементів, які складаються з магнітної системи, зібраної з постійних магнітів і концентраторів та немагнітної оболонки, приєднаної до кришки, колектори подачі та відводу середовища, що очищується, за рахунок того, що магнітний блок додатково обладнаний елементами, які є розподільниками-формувачами потоку середовища в об'ємі корпусу сепаратора.

Поставлена задача може бути досягнута в магнітному сепараторі, в якому розподільники-формувачі потоку виконані у вигляді стрижнів з криволінійною поверхнею, крок випуклих елементів яких рівний віддалі між концентраторами магнітної системи осаджуючих елементів.

Поставлена задача може бути досягнута в конструкції магнітного сепаратора за рахунок того, що розподільники-формувачі потоку виконані з послідовним розташуванням магнітного і немагнітного матеріалу, причому частини з магнітного матеріалу наближені до осаджуючих елементів.

Поставлена задача досягається в магнітному сепараторі за рахунок того, що кожен з розподільників-формувачів потоку виконаний у вигляді криволінійної стінки, орієнтованої в напрямку потоку середовища, що очищається, і яка містить виступи, наближені до міжполюсної зони магнітної системи осаджуючих елементів.

Поставлена задача може бути досягнута в конструкції магнітного сепаратора, в якому розподільники-формувачі потоку виконані у вигляді несучільних криволінійних стінок.

Поставлена задача може бути досягнута в конструкції магнітного сепаратора, в якому магнітна система осаджуючих елементів містить постійні магніти з радіальним намагнічуванням.

Поставлена задача може бути досягнута при виконанні магнітного сепаратора таким, що, принаймні, одна із магнітних систем виконана рухомою відносно оболонки, яка відокремлює її від середовища, яке очищається.

В результаті запропонованого технічного рішення, у якому потік середовища, що обтікає осаджуючі елементи, формується з урахуванням топології магнітного поля, створюються рівні сприятливі умови осадження частинок, що знаходяться в різних зонах відносно магнітного блоку. Магнітні системи в [1-2] характеризуються неоднорідністю магнітного поля, що генерується ними в просторі навколо осаджуючих елементів. Тому існують зони мінімального силового впливу на частинку з боку магнітної системи, з яких не: забезпечуються умови для зміщення частинок у напрямку осаджуючих елементів і осадження на них, при рівності інших технологічних параметрів, тому що часу магнітного силового впливу на систему осаджувальний елемент - частинка недостатньо і це суттєво впливає на ефективність вилучення.

Сила, що діє на частинку з боку магнітної системи і призводить до зміщення її у бік осаджуючих елементів, з наступним осадженням на них, описується моделлю:

$$F_{\mu} \sim H \text{grad} H$$

де H - напруженість магнітного поля; $\text{grad}H$ - неоднорідність напруженості магнітного поля в просторі навколо осаджуючих елементів.

Враховуючи те, що шлях проходження більший для частинок з віддалених зон корпусу, які характеризуються відносно низькими значеннями силового фактора ($H\text{grad}H$), реалізується принцип компенсації. Він передбачає більш тривалу дію магнітних сил на частинки, що знаходяться в менш сприятливому (з умов їхнього захоплення) просторі, за рахунок чого створюються рівні сприятливі умови для вилучення магнітних частинок у всій робочій області навколо осаджуючих елементів. Запропонований підхід передбачає розподіл потоку середовища, що очищається, за допомогою додаткових елементів, які забезпечують одночасне вирішення двох взаємонаправлених задач:

по-перше, ліквідацію таких зон, з яких магнітне поле не забезпечує вилучення частинок, або більш тривалий час протікання середовища в периферійних (відносно осаджуючих елементів) зонах корпусу за рахунок спрямування в них меншої кількості середовища, яке очищається;

по-друге, збільшення магнітного силового фактора у віддалених від осаджуючих елементів зонах за рахунок використання магнітних характеристик і форми додаткових елементів, що є розподільниками-формувачами потоку середовища, яке очищається, в об'ємі корпусу сепаратора.

Завдяки обладнанню конструкції магнітного сепаратора додатковими елементами, які є розподільниками-формувачами потоку середовища, що очищається, в об'ємі його корпусу, не тільки створюються умови розподілу потоку середовища у різні області навколо осаджуючих елементів пропорційно магнітним силам поля в них, але й можуть бути додатковими елементами, на яких осаджуються частинки домішок, за рахунок чого збільшується не тільки ефективність вилучення, але і ємність пристрою по затриманих домішках.

Виконання розподільників-формувачів потоку середовища, що очищається, у вигляді стрижнів з криволінійною поверхнею, крок випуклих елементів яких рівний віддалі між концентраторами магнітної системи осаджуючих елементів, досягається більш рівномірний розподіл магнітних сил поля в об'ємі корпусу магнітного сепаратора за рахунок використання форми розподільників-формувачів потоку і їхнього матеріалу.

Для створення рівних умов магнітного силового впливу на частинки домішок, кожен з розподільників-формувачів потоку може бути виконаний з послідовним розташуванням магнітного і немагнітного матеріалу, причому частини з магнітного матеріалу наближені до осаджуючих елементів. Цим рішенням досягається підвищення магнітної сили поля в зонах її мінімальних значень з одночасним звуженням перетину для руху потоку середовища, у такий спосіб знижуючи витрату середовища в цих зонах.

Аналогічного результату зазначеному можна досягти за рахунок виконання кожного з розподільників-формувачів потоку у вигляді криволінійної стінки, орієнтованої в напрямку потоку середовища, що очищається, і яка містить виступи, наближені до міжполюсної зони магнітної системи осаджуючих елементів. За допомогою такої конструкції потік середовища розділяється стінкою при надходженні потоку в корпус пристрою і направляється в різні зони з витратою, що пропорційна магнітній силі поля в цих зонах. При цьому стінки не призводять до звуження потоку середовища, а виступи сприяють вирівнюванню характеристик магнітного поля в просторі корпусу і слугують додатковими осаджувальними елементами.

Аналогічний результат досягається при виконанні розподільників-формувачів потоку у вигляді несучільних криволінійних стінок (наприклад, із сіток, перфорації, жалюзі, сіткових), що не тільки виконують функцію спрямовувача потоку, але є своєрідними дроселями, що регулюють витрату середовища. При цьому вони також можуть бути виготовлені з матеріалів із різними магнітними властивостями. Крім того, стінки виконують функцію фільтруючого елемента, затримують немагнітні включення, присутні у середовищі, яке очищається.

За рахунок виконання магнітної системи осаджувальних елементів з постійних магнітів із радіальним намагнічуванням, досягається найбільш рівномірний розподіл магнітного поля в робочому просторі навколо кожного з осаджуючих елементів, тому у цьому випадку потрібна мінімальна кількість розподільників-формувачів потоку середовища, що очищається, по об'єму корпусу сепаратора.

За рахунок того, що, принаймні, одна із магнітних систем магнітного блоку виконана рухомою відносно оболонки, яка відокремлює її від середовища, яке очищається, створюються умови регулювання магнітної силової дії, на магнітні частинки в об'ємі корпусу за рахунок просторового взаємоузгодження всіх елементів магнітного блоку, який включає магнітні системи з постійних магнітів та концентраторів і розподільники-формувачі потоку (що мають феромагнітні ділянки).

На фіг.1 зображений магнітний сепаратор (повздовжній переріз), розподільники-формувачі потоку в якому виконані у вигляді стрижнів.

На фіг.2 зображений магнітний сепаратор (поперечний переріз), розподільники-формувачі потоку в якому виконані у вигляді стрижнів і криволінійної стінки.

На фіг.3 зображений магнітний сепаратор (поперечний переріз), у якому розподільники-формувачі потоку виконані у вигляді криволінійних стінок.

На фіг.4 зображений магнітний сепаратор (поперечний переріз), у якому розподільники-формувачі потоку виконані у вигляді несучільних криволінійних стінок.

На фіг.5 зображений магнітний сепаратор (поперечний переріз), у якому розподільник-формувач потоку виконаний у вигляді розсікача.

На фіг.6 зображений магнітний сепаратор (поперечний переріз), з виконанням бокових стінок корпусу у вигляді криволінійних поверхонь.

На фіг.7 наведено схему розподілу потоку середовища, яке очищається (із зазначенням осаджуючих сил магнітного поля в характерних точках навпроти концентраторів) у корпусі магнітного сепаратора без додаткових елементів.

На фіг.8. Наведено схему розподілу потоку середовища, яке очищається, із зазначенням осаджуючих сил магнітного поля в характерних точках навпроти концентраторів у корпусі магнітного сепаратора із додатковими елементами, які є розподільниками-формувачами потоку.

Магнітний сепаратор складається з корпусу 1 з немагнітною кришкою 2, до корпусу приєднані колектори подачі середовища, що очищається, 3 і відведення очищеного продукту 4, усередині корпусу розташовані

магнітний блок, що складається з осаджувальних елементів 5, які включають немагнітну оболонку 6 із магнітною системою з постійних магнітів 7 та концентраторів 8, у корпусі розміщені і просторово орієнтовані відносно полюсів магнітної системи додаткові елементи 9, які є розподільниками-формувачами потоку середовища, що очищається.

Спосіб вилучення магнітних частинок, що реалізується в запропонованому магнітному сепараторі є однаковим для рідких, газоподібних та сипучих середовищ.

Спосіб полягає в тому, що середовище, яке очищається, (рідке, газоподібне чи сипуче фіг.1, 2, 3, 6, сипуче - фіг.5, рідке і газоподібне - фіг.4) у корпус 1 надходить по колектору 3 подачі середовища. Розподільником-формувавцем потоку 9 потік середовища розділяється по об'єму корпусу 1 таким чином, що час магнітного силового впливу на магнітні частинки з боку магнітної системи навіть при максимальному віддаленні від осаджувальних елементів пропорційний параметрам магнітного поля в цьому просторі. При обтіканні осаджувальних елементів 5 і додаткових елементів 9, в результаті силового впливу на магнітні домішки, що знаходяться в середовищі, з боку магнітної системи 6-7, вони (домішки) осаджуються на оболонці 5 і додаткових елементах 9 (у випадку їхнього виготовлення з магнітного матеріалу), намагнічених системою 6. Очищене середовище відводиться з корпусу 1 по колектору 4.

У випадку виконання розподільників-формуваців потоку 9 у вигляді стрижнів з криволінійною поверхнею (фіг.1), крок випуклих елементів яких рівний віддалі між концентраторами магнітної системи осаджувальних елементів, відбувається формування потоку середовища шляхом його «деформування» і розподілу не тільки по всьому об'єму корпусу, але й дозування (збільшення й зменшення витрати) уздовж стрижнів за рахунок опуклостей, форма яких узгоджена із топологією магнітного поля в поздовжньому напрямку відносно осаджувальних елементів.

Крім розподілу потоку середовища, розподільники-формувачі самі здатні впливати на топологію магнітного поля у випадку поєднання форми і магнітних властивостей матеріалів, з яких вони виготовлені, наприклад, коли вони виконані із магнітного і немагнітного матеріалу (фіг.1, 5).

Виконанням розподільників-формуваців потоку (фіг.3) у вигляді криволінійних стінок (з магнітного і/або немагнітного матеріалу), орієнтованих у напрямку потоку середовища, яке очищається, формується потік у корпусі шляхом його пропорційного розподілу стінкою (із врахуванням топології магнітного поля) при вході середовища в корпус і окремий рух середовища в кожній із визначених зон корпусу.

Конфігурація криволінійної стінки (фіг.2, 3, 4, 6) може повторювати «конфігурацію поля» у відповідності із значеннями індукції, а виконання її несучільною (сітка, жалюзі, перфорація, ін.) - фіг.4, як цілком, так і частково, дозволяє поєднати віддалення потоку від осаджувальних елементів з його витратою у визначених ділянках.

Для вилучення домішок із сипучого середовища додатковий елемент 9 (фіг.4) може бути виконаний із послідовним розташуванням магнітного і немагнітного матеріалів, наприклад, немагнітного розсікача 10 і феромагнітних стрижнів 11, які наближені до осаджувальних елементів 5. Під час роботи сепаратора частина сильномагнітних домішок буде додатково осаджуватись на феромагнітних стрижнях, підвищуючи ефективність роботи магнітного сепаратора і його ємність по затриманих домішках.

Магнітний сепаратор може виконуватись із боковими стінками корпусу у вигляді криволінійної поверхні (фіг.6). У цьому випадку функцію бокових розподільників-формуваців потоку виконує сам корпус, за допомогою якого виключаються зони, з яких не забезпечуються умови осадження частинок ($F_p > F_c$), що наочно ілюструється порівняльним аналізом експериментальних даних, приведених на фіг.7-8.

Використання запропонованого магнітного сепаратора дозволяє впливати на фізичні параметри середовищ, які пропускаються крізь пристрій (наприклад, в'язкість, поверхневий натяг, діелектрична проникність рідин, зменшення здатності обігової води до відкладання котельного каменю на поверхнях теплообміну, зниження корозійних властивостей рідин тощо).

Використана інформація.

1. Патент WO 87/05536, кл. B03C1/00, 1/28, G 01 N 33/553.
2. Патент US 5,043,063, кл. B01D35/06.

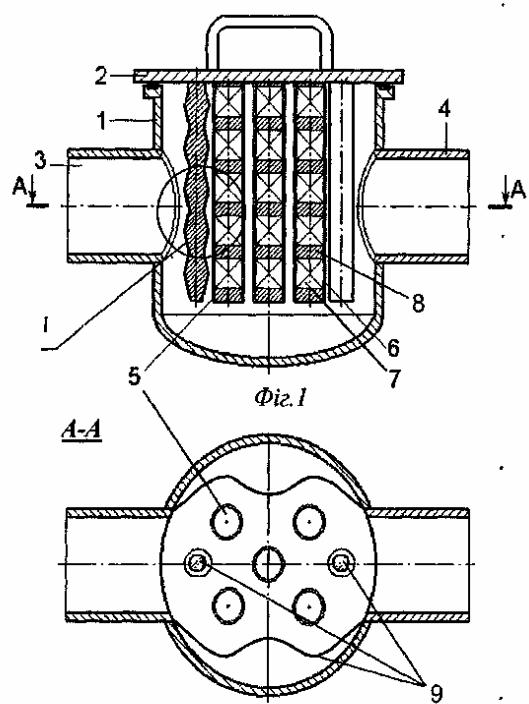


Fig. 2

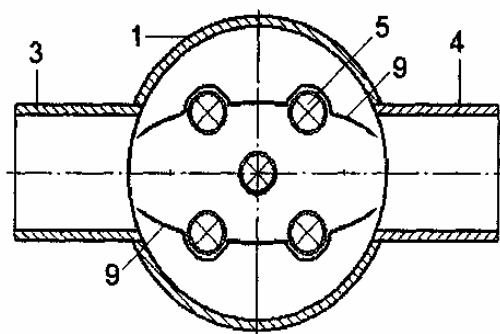
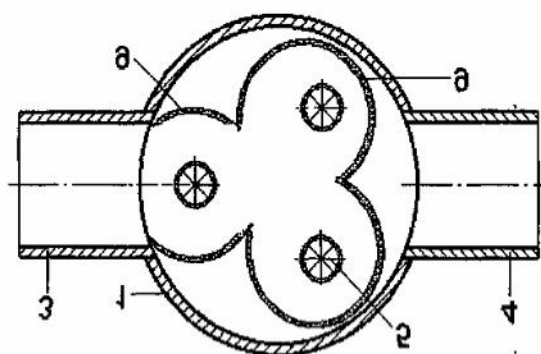


Fig. 3

Fig. 4



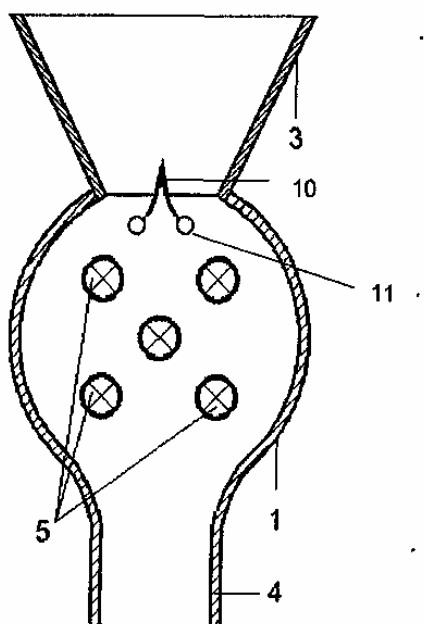


Fig. 5

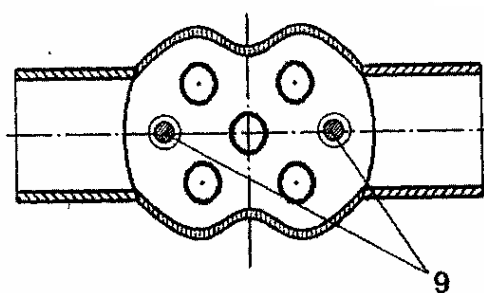


Fig. 6

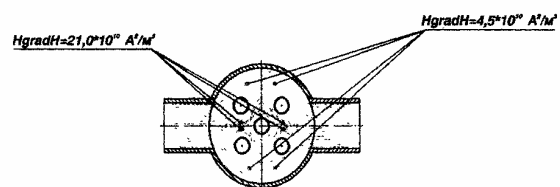


Fig. 7

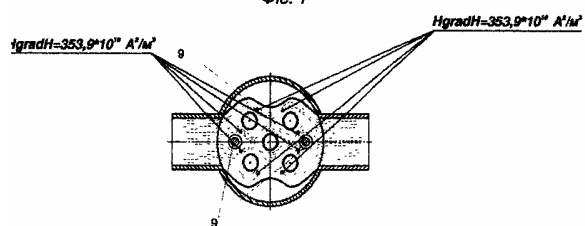


Fig. 8