



УКРАЇНА

(19) UA (11) 88193 (13) C2
(51) МПК
B03C 1/30 (2007.01)МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) КРІОМАГНІТНИЙ СЕПАРАТОР СУХОГО ЗБАГАЧЕННЯ

1

(21) а200711478

(22) 16.10.2007

(24) 25.09.2009

(46) 25.09.2009, Бюл.№ 18, 2009 р.

(72) ЛАПТІЄНКО АРКАДІЙ ЯКОВИЧ, ТАРЯНИК
МИКОЛА ВАСИЛЬОВИЧ, УСОВ МИКОЛА ГРИГО-
РОВИЧ(73) ДОНЕЦЬКИЙ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМ. О.О.ГАЛКІНА НАН УКРАЇНИ

(56) UA 67606 A, 15.06.2004

SU 1233938 A1, 30.05.1986

SU 743567, 25.06.1980

SU 1461507 A1, 28.02.1989

JP 09094477, 08.04.1997

US 4153542, 08.05.1979

(57) Кріомагнітний сепаратор сухого збагачення,
що містить виконаний з можливістю обертання
кільцеподібний робочий ротор з феромагнітним

2

наповнювачем, статор з вхідними і вихідними трубопроводами, кріомагнітну систему, яка має наскрізний циліндричний отвір, через який проходить робочий ротор, і яка складається з кріостата і розташованої в ньому надпровідникової магнітної системи, магнітний шунт з обмоткою, магнітну протизащиту та механічну систему, яка з'єднана з ротором і включає в себе електропривід, редуктор і привідні котки, який **відрізняється** тим, що магнітна протизащита має кільцеподібну форму, виконана у вигляді двох нерухомих частин додаткового ротора з феромагнітним наповнювачем такого ж поперечного перерізу і діаметра, як і робочий ротор, і встановлених з обох сторін отвору кріостата симетрично відносно надпровідникової магнітної системи, при цьому довжина дуги кожної нерухомої частини становить (0,10-0,15) периметра робочого ротора.

Винахід стосується високоградієнтної магнітної сепарації й може бути використаний для сухого очищення слабомагнітних, парамагнітних матеріалів, у тому числі вугілля, які транспортуються повітряним потоком.

Пошуки ефективних методів збагачення слабомагнітних корисних копалин призвели до створення високоградієнтних магнітних сепараторів з надпровідниковими магнітними системами.

Відомий магнітний сепаратор "DESCOS" фірми "KHD HUMBOLDT WEDAG", надпровідникова магнітна система (НМС) якого виконана у вигляді овальних сідловидних обмоток, розміщених якомога ближче до зовнішньої поверхні циліндричного з горизонтальною віссю кріостата. Зовні співвісно з кріостатом встановлено циліндричний барабан, який рухається електричним двигуном. Сухий продукт для збагачення подається зверху. Магнітні частинки притягуються до поверхні барабану й в залежності від їх магнітної сприйнятливості падають в кінці дії магнітного поля по різних траєкторіях й збираються у різних місцях. На немагнітні частинки продукту збагачення з боку магнітного поля надпровідникової магнітної системи сила не діє, тому вони падають вниз окремо по відношенню до

магнітних частинок. Сепаратор використовується в першу чергу для збагачення хромітової руди. Основним недоліком цього сепаратора є непридатність для очищення слабомагнітних дрібнодисперсних матеріалів таких, наприклад, як пиловидне вугільне паливо теплових електростанцій, тощо.

Також відома конструкція високоградієнтного кріомагнітного сепаратора по авторському свідоцтву СРСР №1233938, кл. B03C1/30, 1984р. "Магнітний сепаратор". Сепаратор використовується для мокрого магнітного збагачення корисних копалин.

До складу сепаратора входить встановлений з можливістю обертання кільцевий ротор з феромагнітним наповнювачем, основна магнітна система з надпровідниковими обмотками, додаткова магнітна система з надпровідниковими обмотками, при цьому обидві магнітні системи охоплюють кільцевий ротор, а також пристрій подачі вхідного продукту (живильник) і пристрої приймання продуктів сепарації (приймачі) - немагнітної і магнітної фракцій. Феромагнітний наповнювач виконано у вигляді встановлених радіальних пластин, які являють собою чередуючі між собою феромагнітні й немагнітні радіальні смуги. Крім того, надпровідникові обмотки додаткової магнітної системи підклю-

(13) C2

(11) 88193

(19) UA

чені до джерела живлення назустріч відносно надпровідникових обмоток основної магнітної системи.

Ротор обертається у напрямку від живильника до приймачів магнітної і немагнітної фракцій через магнітне поле основної магнітної системи. Вхідний продукт, наприклад, у вигляді водяної пульпи подається за допомогою живильника на ротор в зону максимального магнітного поля, яке створюється основною магнітною системою. Магнітні частинки вхідного продукту притягуються й затримуються феромагнітним наповнювачем, а немагнітні - вільно проходять крізь наповнювач ротора й збираються в приймач немагнітної фракції. Для більш ефективного вилучення магнітних частинок (магнітної фракції) з феромагнітного наповнювача використовується додаткова надпровідникова магнітна система, яка встановлена в зоні вилучення магнітної фракції. Зустрічне підключення обмоток додаткової магнітної системи відносно основної дозволяє суттєво зменшити величину магнітного поля у зоні вилучення магнітної фракції за рахунок розмагнічування магнітних частинок, затриманих феромагнітним наповнювачем, що дозволяє відносно легко виконати змив водою магнітної фракції.

Основним недоліком сепаратора є зменшення надійності роботи та ускладнення управління за рахунок виникнення значних (десятки тон) механічних зусиль магнітного походження між феромагнітним наповнювачем ротора і надпровідниковими магнітними системами. Для компенсації цих зусиль з метою забезпечення надійної роботи кріостатів, в яких розміщено магнітні системи, в кріостатах встановлюють розтяжки від гелієвої ємкості до кожуха. Це призводить до появи додаткового підводу тепла до гелієвої ємкості й значних витрат зрідженого гелію.

Крім того, недоліком сепаратора є зниження ефективності процесу магнітної сепарації за рахунок зменшення величини магнітного поля, яке обумовлене зустрічним включенням додаткової магнітної системи відносно основної системи. Оскільки магнітні потоки основної й додаткової магнітних систем частково замикаються через феромагнітний наповнювач ротора і направлені назустріч один одному, то магнітні поля цих магнітних систем віднімаються не тільки у зоні вилучення магнітної фракції, але й в робочій зоні сепаратора.

Також недоліком цієї конструкції сепаратора є використання не однієї, а двох надпровідникових магнітних систем високої вартості зі своїми кріостатами і блоками живлення, додатковими витратами зрідженого гелію й азоту, тощо.

Найбільш близьким за технічним рішенням є конструкція високоградієнтного кріомагнітного сепаратора за патентом України на винахід №67606 А, кл. B03C1/30, 2004р., "Кріомагнітний сепаратор", який видано ДонФТІ НАН України.

До складу сепаратора входить встановлений з можливістю обертання кільцевий ротор з феромагнітним наповнювачем, статор із вхідними й вихідними трубопроводами, охоплюючи ротор і статор кріомагнітну систему у складі надпровідникової магнітної системи та гелієвого кріостата, магнітний шунт з компенсуючою обмоткою, магнітна проти-

вага, механічна система у складі електричного приводу, редуктора й привідних катків.

Сепаратор працює наступним чином.

При включеному електроприводі механічної системи приводиться до руху ротор із феромагнітним наповнювачем. Після включення струму у надпровідникову магнітну систему остання створює стає магнітне поле необхідної величини у зоні сепарації - горизонтальному наскрізному отворі кріостата. Під дією магнітного поля феромагнітний наповнювач ротора, наприклад сітки, намагнічується і поводить себе як сталий магніт. При цьому до насичення намагнічується лише та частина ротора (близько 25% його кільцевої довжини), яка знаходиться у межах надпровідникової магнітної системи. Більша частина феромагнітного наповнювача по периметру кільцевого ротора (близько 75%) знаходиться у значно меншому магнітному полі, де його величина не перевищує 5% від максимального в зоні сепарації, тому вона намагнічується значно слабкіше - не до насичення. У зоні вилучення магнітної фракції - з протилежної сторони зони сепарації магнітне поле не перевищує 2% від поля у зоні сепарації. Таким чином феромагнітний наповнювач по всій кільцевій довжині ротора намагнічується не рівномірно. У зв'язку з асиметрією магнітного поля в зоні розміщення ротора завжди виникає механічна магнітного походження сила взаємодії феромагнітного наповнювача ротора з надпровідниковою магнітною системою, яка може досягати великих значень, що вимагає ускладнення конструкції як магнітної системи; так і кріостата. Так у сепаратора промислового призначення, наприклад, продуктивністю по вхідному продукту декілька десятків тон, середнім діаметрі ротора (3-4)м і площі поперечного перерізу феромагнітного наповнювача близько $0,1\text{м}^2$, сила взаємодії останнього з магнітною системою може досягати десятків тон. Головною причиною виникнення механічних зусиль є несиметричне розміщення ротора відносно надпровідникової магнітної системи.

Для компенсації діючих на надпровідникову магнітну систему й кріостат зусиль з боку ротора у цьому сепараторі використовується магнітна противага, яка розміщена з протилежної сторони ротора.

Основним недоліком сепаратора є зниження надійності його роботи за рахунок того, що практично неможливо розвантажити від механічних зусиль надпровідникову магнітну систему і кріостат з боку ротора з феромагнітним наповнювачем шляхом використання магнітної противаги. Це обумовлено тим, що система "надпровідниковий магніт - ротор з феромагнітним наповнювачем - магнітна противага" не є симетричною системою. А в системі з декількома магнітами неможливо досягти надійної стійкості навіть теоретично. Потрібна симетрична або близька до симетричної система розміщення магнітних елементів сепаратора.

До недоліків сепаратора також відноситься дуже складний процес введення (виведення) струму в надпровідникову магнітну систему з одночасною компенсацією пондеромоторної сили між магнітною системою і ротором сепаратора.

Зміна маси магнітної противаги і (або) регулювання відстані між останньою і магнітною системою, за рахунок чого необхідно (і можливо) компенсувати сили взаємодії на рівні десятків тон потребує ускладнення конструкції магнітної противаги і значного часу процесу налагодження. Складність процесу компенсації пондеромоторної сили обумовлено й тим, що намагнічування магнітної противаги в магнітному полі магнітної системи зі збільшенням або зменшенням струму в останній має непропорційну залежність гістерезисний характер.

В основу запропонованого винаходу поставлено підвищення надійності роботи високоградієнтного кріомагнітного сепаратора для сухого очищення слабомагнітних та парамагнітних матеріалів, їх суміші, у тому числі й вугілля, які транспортуються повітряним потоком, шляхом конструктивного виконання та розміщення вузлів механічної системи сепаратора.

Поставлена мета досягається за рахунок того, що у високоградієнтному кріомагнітному сепараторі, до складу якого входять виконаний з можливістю обертання кільцевидний робочий ротор з феромагнітним наповнювачем, статор з вхідними і вихідними трубопроводами, охоплюючи ротор і статор кріомагнітну систему у складі надпровідникової магнітної системи і гелієвого кріостата, механічну систему у складі електричного приводу, редуктора й привідних катків, магнітний шунт з обмоткою, магнітна противага, остання виконана у вигляді встановлених симетрично відносно робочого ротора й надпровідникової магнітної системи двох нерухомих частин додаткового ротора з феромагнітним наповнювачем такого ж поперечного перерізу і діаметру, як і робочий ротор, при цьому довжина дуги кожної нерухомої частини становить (0,10-0,15) периметра кільцевидного робочого ротора. Така конструкція магнітної противаги, яка повторює геометрію робочого ротора і встановлена симетрично відносно нього, забезпечує компенсацію механічних зусиль між робочим ротором і надпровідниковою магнітною системою на рівні (95-98)% без додаткового налагодження сепаратора з метою компенсації механічних зусиль.

У технічному рішенні, що заявляється, підвищення надійності роботи сепаратора сухого очищення слабомагнітних і парамагнітних матеріалів, їх суміші, у тому числі й вугілля, які транспортуються повітряним потоком, здійснюється шляхом практично повної компенсації механічних зусиль магнітного походження між робочим ротором з феромагнітним наповнювачем і надпровідниковою магнітною системою за рахунок обладнання сепаратора магнітною противагою у вигляді двох нерухомих частин необхідної довжини додаткового кільцевидного ротора з феромагнітним наповнювачем такого ж поперечного перерізу і діаметру як і робочий ротор.

Порівняння запропонованого технічного рішення із прототипом дозволило встановити відповідність його критерію "новизна", бо воно відрізняється від відомого рішення виконання окремих конструктивних елементів та взаємним їх розміщенням.

Порівняння запропонованого технічного рішення з іншими технічними рішеннями у даній області техніки не дозволило виявити в них ознаки, які б ганьбили суттєві признаки запропонованого кріомагнітного сепаратора

Таким чином, запропонований кріомагнітний сепаратор відповідає критерію "винахідницький" рівень, технічні переваги запропонованої конструкції полягають у підвищенні надійності роботи сепаратора й спрощенні управління його роботи для сухого очищення слабомагнітних, парамагнітних матеріалів і їх суміші, що транспортуються повітряним потоком, за рахунок практично повної компенсації механічних зусиль магнітного походження між робочим ротором із феромагнітним наповнювачем і надпровідниковою магнітною системою.

Перелік фігур креслення.

На Фіг.1 представлено вид зверху на горизонтальний переріз кріомагнітного сепаратора.

На Фіг.2 - вид збоку на вертикальний переріз сепаратора.

Відомості, які підтверджують можливість здійснення винаходу.

Кріомагнітний сепаратор містить немагнітну основу 1, на якій встановлено гелієвий кріостат 2 з горизонтальним циліндричним наскрізним отвором 3 і надпровідниковою магнітною системою 4, немагнітний статор 5 з трубопроводами відповідно для подачі вхідного продукту у вигляді пилоповітряної суміші 6 і повітря 7 для вилучення магнітної фракції, виходу немагнітної 8 і магнітної 9 фракцій, кільцевидний робочий ротор 10 з феромагнітним наповнювачем 11, який виконано з можливістю вільного обертання на катках 12 і який проходить крізь горизонтальний наскрізний отвір 3 кріостата 2. Крім того, сепаратор містить магнітний шунт 13 з обмоткою 14, а також механічну систему, що включає в себе електропривід 16, пов'язаний через редуктор 17 за допомогою валів 18 і муфт 19 з привідними катками 12. Привідні катки 12, редуктор 17, магнітний шунт 13 і електропривід 16 встановлені нерухомо на основі 1 за допомогою опор 20, 21, 22 і 23. Ротор 10 також містить кільцеву направляючу 24, яка спирається на привідні катки 12, і плоский кільцевий ущільнювач 25, наприклад, із гуми або іншого еластичного матеріалу.

З протилежної сторони й симетрично відносно робочого ротора 10 і надпровідникової магнітної системи 4 сепаратор містить магнітну противагу, яка виконана у вигляді двох нерухомих частин 15 додаткового ротора з таким же феромагнітним наповнювачем і такого ж поперечного перерізу і діаметру, як і робочий ротор 10. Нерухомі частини 15 встановлено симетрично відносно робочого ротора 10 і надпровідникової магнітної системи 4, при цьому довжина дуги кожної нерухомої частини 15 становить (0,10-0,15) периметра кільцевидного робочого ротора 10.

Кріомагнітний сепаратор працює наступним чином.

Закриття струмом надпровідникова магнітна система 4 створює у зоні сепарації - наскрізному горизонтальному отворі 3 кріостата 2 сильне магнітне поле, яке намагнічує до насичення тільки ту частину феромагнітного наповнювача 11 ротора

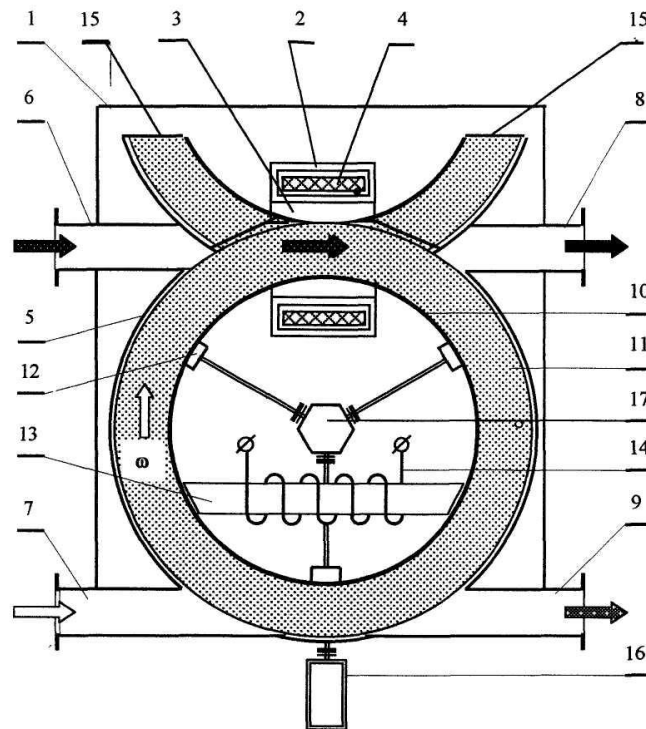
10 (близько 20-30% його кільцевидної довжини), яка знаходиться у межах магнітної системи 4 й отвору 3 криостата 2. Більша частина феромагнітного наповнювача 11 (за межами надпровідникової магнітної системи 4) намагнічується значно слабкіше, не до насичення, у зв'язку з тим, що ця частина феромагнітного наповнювача розміщена у більш слабкому магнітному полі (полі розсіювання магнітної системи), а також за рахунок низької магнітної проникності феромагнітного наповнювача 11, тому що коефіцієнт заповнення ротора наповнювачем становить 10-15%).

Нерухомі частини 15 додаткового ротора розташовані симетрично відносно робочого ротора 10 і надпровідникової магнітної системи 4, мають такий же поперечний переріз, діаметр і коефіцієнт заповнення феромагнітним наповнювачем, як і робочий ротор 10, тому вони намагнічуються також практично до насичення. Сили, які діють з боку надпровідникової магнітної системи 4 на робочий ротор 10 і дві нерухомі частини 15 практично однакові по величині, але протилежно направлені, тому рівнодіюча їх дорівнює нулю. Значна частина ротора 10 знаходиться за межами робочої зони сепаратора - на великій відстані від магнітної системи 4, в слабкому магнітному полі, яке не перевищує 2-5% поля в робочій зоні сепаратора, тому її внесок в сумарну силу взаємодії незначний і не перевищує 2-5%.

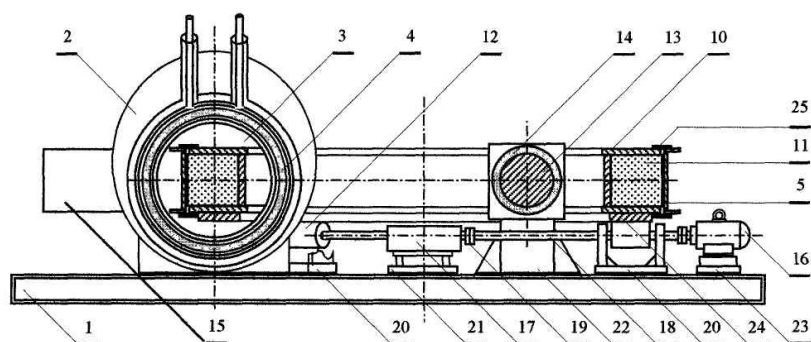
Таким чином, надпровідникова магнітна система 4 і криостат 2 в силовому плані будуть розвантажені на 95-98%, що підвищує надійність роботи сепаратора.

При включеному електроприводі 16 механічна система за допомогою редуктора 17, валів 18, муфти 19 і катків 12 приводить до руху робочий ротор 10 з феромагнітним наповнювачем 11, який обертається з постійною кутовою швидкістю ω у напрямі, вказаному стрілкою (Фіг.1), від вхідного трубопроводу 6 до вихідних трубопроводів 8 і 9, проходячи через наскрізний отвір 3 криостата 2. Пилоповітряна суміш, що підлягає очищенню, подається у вхідний трубопровід 6, проходить через феромагнітний наповнювач 11 робочого ротора 10 в зону сепарації, де магнітні або діамагнітні частки, наприклад, вугілля, не взаємодіють з елементами феромагнітного наповнювача, сліднують через трубопровід 8 для виходу немагнітної фракції.

Магнітні і парамагнітні частинки, наприклад, пірїтна сірка, пуста порода і інші домішки, проходячи зону сепарації з найбільшою величиною магнітного поля, притягуються до елементів феромагнітного наповнювача 11, захоплюються й виносяться ротором 10 в зону розвантаження ротора від магнітної фракції, де магнітне поле практично відсутнє, і вилучаються потоком повітря, яке подається з трубопроводу 7. Далі по трубопроводу 9 магнітна фракція збирається в бункер для накопичення відходів збагачення.



Фіг. 1



Фіг. 2