



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **104946** (13) **C2**  
(51) МПК (2014.01)**C21C 1/02** (2006.01)**C21C 7/072** (2006.01)**C21C 7/064** (2006.01)**B22D 1/00**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД****(21)** Номер заявки: **а 2012 11951****(22)** Дата подання заявки: **17.10.2012****(24)** Дата, з якої є чинними  
права на винахід: **25.03.2014****(41)** Публікація відомостей  
про заяву: **25.06.2013, Бюл.№ 12****(46)** Публікація відомостей  
про видачу патенту: **25.03.2014, Бюл.№ 6****(72)** Винахідник(и):**Чернятевич Анатолій Григорович (UA),  
Сігарьов Євген Миколайович (UA),  
Чубін Костянтин Іванович (UA),  
Чубіна Олена Анатоліївна (UA),  
Зарандія Сергій Олександрович (UA)****(73)** Власник(и):**ДНІПРОДЗЕРЖИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,  
вул. Дніпробудівська, 2, м.  
Дніпродзержинськ, Дніпропетровська обл.,  
51918 (UA)****(56)** Перелік документів, взятих до уваги  
експертизою:**UA, 74969, C2, 15.02.2006  
SU, 582286, A, 23.11.1977  
Шевченко А. Ф., Башмаков А. М., Булахтин  
А. С. и др. Аппаратурно-технологический  
комплекс десульфурации чугуна вдуванием  
магния в ковшах различной емкости //  
Металл и литье Украины. – 2005. - № 1 – 2.  
– С. 10 – 14  
Сигарев Е. Н., Чернятевич А. Г. и др.  
Разработка конструкций двухпоточных  
погружных фурм для ковшевой  
десульфурации чугуна магнием // Черная  
металлургия. – 2009. № 2. – С. 27 – 31  
UA, 92411, C2, 25.10.2010  
SU, 768824, A, 07.10.1980  
SU, 1346677, A1, 23.10.1987  
SU, 436091, A, 15.07.1974  
CN, 101403023, A, 08.04.2009  
JP, 2003247013, A, 05.09.2003  
CN, 2523764, Y, 04.12.2002  
GB, 765423, A, 09.01.1957****(54) СПОСІБ ДЕСУЛЬФУРАЦІЇ ЧАВУНУ ДИСПЕРГОВАНИМ МАГНІЄМ У ЗАЛИВАЛЬНОМУ КОВШІ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ****(57)** Реферат:

Взаємопов'язана група винаходів належить до чорної металургії, а саме до способу та пристрою для десульфуратії чавуну диспергованим магнієм. Заявлений спосіб включає вдування в об'єм розплаву через заглибну обертову фурму диспергованого магнію в двох протилежно направлених під кутом 90° до подовжньої осі фурми нейтральних газових струменях, причому вдування диспергованого магнію здійснюють з питомою інтенсивністю 0,08-

**UA 104946 C2**

0,10 кг/хв. на тону чавуну при витраті нейтрального газу 0,010-0,012 м<sup>3</sup>/(т·хв.) зі швидкістю обертання заглибної фурми 80-150 об./хв. Група винаходів дозволяє покращити процес десульфурації чавуну, знизити динамічні навантаження на фурмений пристрій при вдуванні магнію та забезпечує надійність та безпеку роботи обладнання.

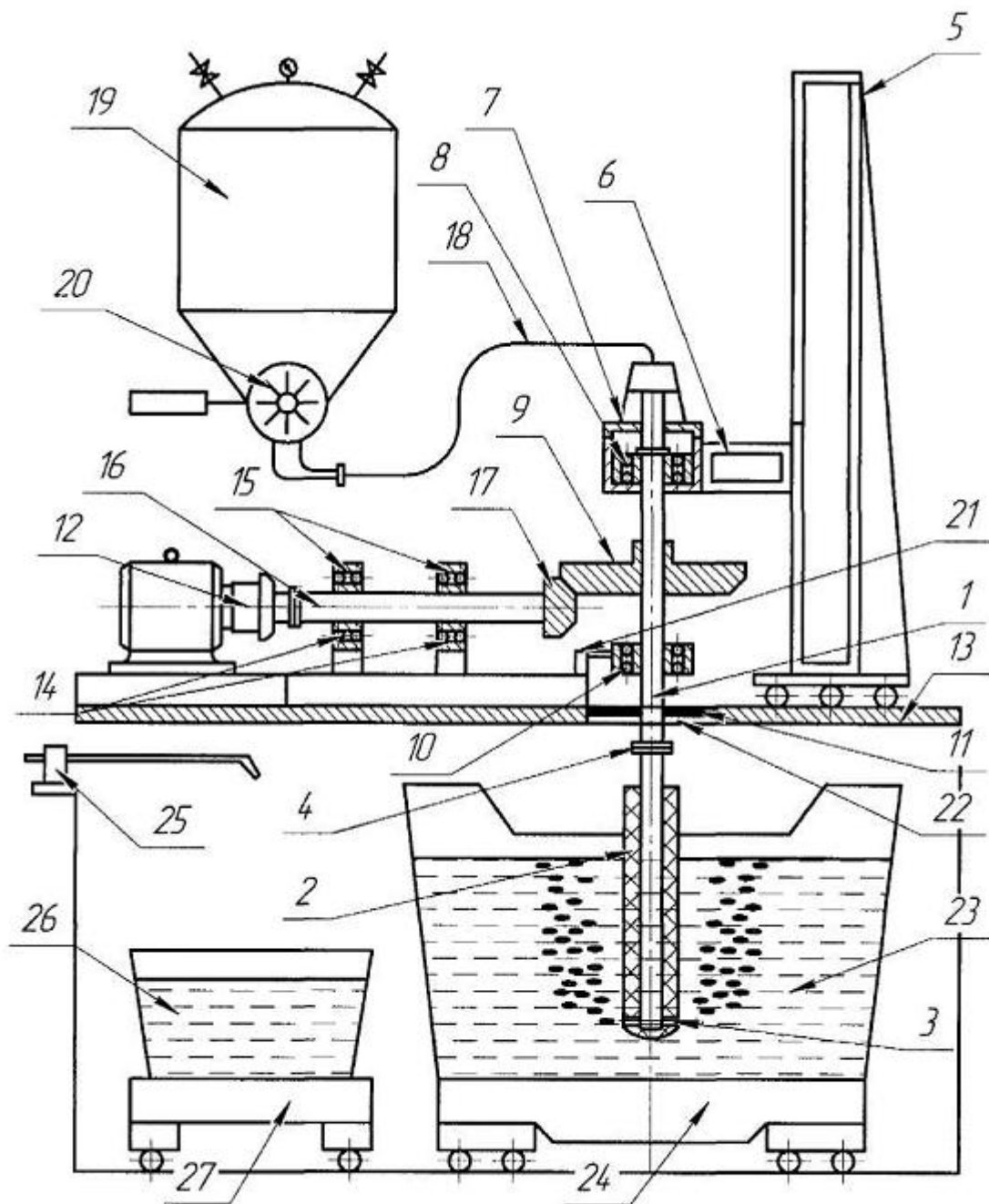


Fig. 2

Взаємопов'язана група винаходів належить до чорної металургії, зокрема до способів десульфурзації чавуну у заливальних ковшах та пристроїв, які використовуються при цьому.

Відомі способи десульфурзації чавуну у заливальних ковшах вдуванням диспергованого магнію через заглибну фурму з випарником на виході, або без випарника, але з застосуванням порошкових сумішей магнію зі збіднюючими добавками (вапна, карбід кальцію, доломіту та ін.) [Воронова Н.А. Десульфурация чугуна магнием. - М.: Металлургия, 1980. - С. 102-117], [Шевченко А.Ф., Большаков В.И., Башмаков А.М. Технология и оборудование десульфурации чугуна магнием в большегрузных ковшах. - Киев: Наукова думка, 2011. - С. 34-38], [Патент України № 67533, С21 С1/02, 2006 р.].

Цим способом властиві такі недоліки, як великі витрати матеріалів, низьке засвоєння реагентів, ускладнення технології і висока собівартість десульфурзації.

При десульфурзації чавуну у великовантажних ковшах (більш 150 т), тобто при зануренні фурми на глибину більш двох метрів, випарник фурми перестає виконувати свою основну функцію – забезпечувати випар магнію, тому що при тиску більш 0,4 МПа і температурі чавуну менш 1300 °С (це відповідає параметрам обробки у великовантажних ковшах) магній знаходиться в рідкому стані. У той же час наявність випарника погіршує розподіл магнію по обсягу металеві ванни, що негативно позначається на засвоєнні реагенту.

Застосування фурми без випарника, яка має канал з вертикальним або під кутом 30-50° до подовжньої осі фурми виходом у ванну, і збільшення глибини введення гранульованого магнію посилюють параметри введення, викликають необхідність підвищення тиску транспортуючого газу вище 1 МПа і його витрат більш 140 м³/год., що негативно позначається на процесі вдування магнію. Процес вдування протікає бурхливо з виплесками чавуну і ковша, що вимушує зменшувати наливання чавуну в ківш і збільшувати висоту вільного простору над рівнем спокійного розплаву. Відбувається значний вихід на поверхню ванни незасвоєної пари магнію з піроефектом і виділенням білого диму. Внаслідок відсутності розосередженого вдування магнію в об'єм розплаву і створення локальних турбулентних парогазових потоків у формі спливаючих макропузирчиків спостерігається підвищення динамічних навантажень на фурмений пристрій, значна вібрація фурми і металоконструкцій установки десульфурзації, зменшення стійкості футерівки заглибної фурми.

Найбільш близьким до описуваного винаходу за технічною суттю і досягнутим результатом є, вибраний як найближчий аналог, спосіб десульфурзації чавуну у заливальному ковші [Промышленный опыт применения возвращающихся фурм / С.Л. де Соуза Коста, Е.П. Меирелес де Араухо, И.Л. Алвес, Д. Лима де Сиквейра // IX Международный симпозиум по десульфурации чугуна и стали, 18-21 сентября, Галати, Румыния, 2006. - С. 27-35], який включає вдування в об'єм розплаву через заглибну обертову фурму порошкоподібної суміші магнію з вапном в двох протилежно направлених під кутом 90° до подовжньої осі фурми нейтральних газових струменях.

Внаслідок використання двосоплової заглибної обертової фурми вдалося при швидкості обертання 10 об/хв. і вдування суміші диспергованого магнію і вапна з витратою 9 і 24 кг/хв. відповідно в струменях азоту з витратою 15 м³/год. вдалося забезпечити:

- підвищення ступеня десульфурзації від 20 до 30 %;
- зниження падіння температури на 50 %;
- зменшення схильності до викидів чавуну із ковша.

Вадами даного способу десульфурзації чавуну є:

- низьке (20-50 %) засвоєння магнію в результаті нераціональної витрати на взаємодію з карбонатами (недопал), вологою і гідратами вапна;
- підвищення (в 1,3-1,5 рази) питомої витрати магнію;
- значне (до 6-10 кг/т чавуну) додаткове шлакоутворення в ковші;
- значні (2,5-4,5 кг/т чавуну) втрати чавуну зі шлаком;
- недостатня стабільність результатів десульфурзації;
- значна тривалість (12-20 хв.) десульфурзації чавуну;
- підвищені експлуатаційні витрати.

Відомий пристрій для десульфурзації чавуну диспергованим магнієм у заливальному ковші [Металл и литье Украины. - 2005. - № 1-2. - С. 10-14], що містить дозатор магнію з роторним живильником і ваговимірним пристроєм, систему інжекції реагенту і контролю, заглибну вогнетривку фурму з прямотечієм каналом, штангу фурми, магнієпровід, що з'єднує дозатор з фурмою, кришку ковша і пульт управління.

Недоліками цього пристрою є його значна металоємність, великі габарити установки і механізму підйому і опускання фурми із зануренням у розплав.

При десульфурзації чавуну диспергованим магнієм у 150-320-т заливальних ковшах з інтенсивністю вдування реагенту 13-26 кг/хв. (0,081-0,086кг/(т·хв.)) відбувається інтенсивне розбризкування рідкого чавуну, прорив на поверхню розплаву не засвоєної пари магнію з піроефектом і виділенням білого диму. Крім того, процес десульфурзації чавуну, внаслідок відсутності розосередженого вдування магнію в об'єм розплаву і створення локальних турбулентних парогазових потоків у формі спливаючих макропузирчиків, супроводжується підвищеним динамічним навантаженням на фурменний пристрій. Для забезпечення належного режиму продувки необхідно вживати заходи щодо стабілізації положення фурми, зниження вібрації фурменого пристрою та зменшення передачі вібрацій на вузли установки та суміжні металоконструкції.

Відомо, що для забезпечення спокійного ходу продувки, зниження динамічних навантажень на фурменний пристрій в умовах інтенсифікації ківшової десульфурзації чавуну представляється доцільним реалізувати вдування диспергованого магнію вглиб розплаву через обертову заглибну фурму.

Відомий пристрій для десульфурзації шлакового розплаву [А.С. СРСР № 582286, С21 В3/06, 1977 г.], що містить фурму з кутовим соплом, механізм підйому фурми, механізм обертання фурми, газопідвідний трубопровід, пневматично з'єднаний з фурмою, кришку і телескопічний газовідвід, рухлива частина якого з'єднана з кришкою.

У цій схемі пристрою вирішена задача перемішування розплаву і зменшення кількості і обсягу зон, не порушених обробкою, однак, установка на кришці ковша газовідводу, дуттьової фурми з механізмом її обертання призводить до зростання динамічного навантаження на підйомний механізм кришки, що ускладнює його конструкцію і підвищує металоємність. Крім того, в процесі експлуатації пристрою виникають значні труднощі по заміні фурми з кутовим соплом, так як необхідно цю операцію здійснювати під розігрітим ковпаком кришки в умовах підвищеної температури навколишнього середовища з порушенням вимог техніки безпеки.

Найбільш близьким до заявленого винаходу за технічною суттю і досягнутим результатом є, вибраний як найближчий аналог, пристрій для позапичної обробки рідкого металу [Патент України № 74969, С21 С7/00, 2006 р.], що містить заглибну фурму яка складається із верхньої штанги з каналом та нижньої вогнетривкої фурми з каналом і сопловим наконечником, двох вертикальних тяг, механізму підйому та опускання фурми через отвір у кришці ковша, механізм обертання фурми, який включає дуттьову камеру з підшипниковим вузлом і вмонтованою в ньому верхньою штангою фурми, привід обертання фурми із електродвигуна з редуктором, механізм фіксації штанги фурми у нижньому робочому положенні, газопорошковідвідний трубопровід, з'єднаний з дуттьовою коробкою. До недоліків найближчого аналога можна віднести:

- оснащення пристрою двома вертикальними тягами, з'єднаними з кришкою і приводом переміщення фурми, що дозволяє використовувати привід підйому фурми і для переміщення кришки, але при цьому суттєво зростає навантаження на привід підйому фурми і його металоємність, особливо у випадку десульфурзації чавуну у великовантажних ковшах;

- механізм обертання фурми і привід обертання фурми жорстко зв'язані з механізмом підйому фурми, що ускладнює їх обслуговування;

- не забезпечується надійна фіксація штанги фурми в нижньому робочому положенні в процесі обертання, що призводить до вібрації фурменого пристрою, підвищення динамічних навантажень на механізм і привід обертання фурми та швидкого виходу останнього із ладу;

- труднощі та великий об'єм робіт по заміні зношеної заглибної фурми, оскільки необхідно піднімати і відводити в сторону від ковша кришку і вести роботу при знаходженні робочого персоналу безпосередньо на кришці між вертикальними тягами з порушенням вимог техніки безпеки.

В основу першого із групи винаходів поставлено задачу Інтенсифікації процесу десульфурзації чавуну диспергованим магнієм у заливальному ковші, забезпечення спокійного ходу продувки з подавленням прориву на поверхню розплаву незасвоєного пару магнію і зниженням динамічних навантажень на фурменний пристрій при вдуванні диспергованого магнію без добавок з питомою інтенсивністю 0,08-0,10 кг/хв. на тонну чавуну при витраті нейтрального газу 0,010-0,012м³/(т·хв.). Досягаються високі показники десульфурзації чавуну у великовантажних 150-320 т заливальних ковшах:

- високий рівень засвоєння магнію;
- мала тривалість обробки чавуну;
- малі втрати чавуну при обробці;
- мале зниження температури чавуну;
- надійні і стабільні результати;

- низькі експлуатаційні витрати.

В основу другого із групи винаходів поставлено задачу удосконалення пристрою для десульфурзації чавуну у заливальному ковші вдуванням диспергованого магнію за допомогою заглибної обертової фурми шляхом зміни конструкції механізму обертання фурми та його розташування, що дозволить зменшити динамічні навантаження, спростити конструкцію пристрою, полегшити умови обслуговування та заміни фурми, забезпечить надійність і безпеку роботи обладнання та високі показники десульфурзації.

Перша поставлена задача вирішується тим, що в способі десульфурзації чавуну у заливальному ковші, який включає вдування в об'єм розплаву через заглибну обертову фурму диспергованого магнію в двох протилежно направлених під кутом  $90^\circ$  до подовжньої осі фурми нейтральних газових струменях, згідно з винаходом, вдування диспергованого магнію здійснюють з питомою інтенсивністю  $0,08-0,10$  кг/хв. на тону чавуну при витраті нейтрального газу  $0,010-0,012$  м<sup>3</sup>/(т·хв.) зі швидкістю обертання заглибної фурми  $80-150$  об/хв.

Технічним результатом застосування винаходу є забезпечення стійкого і рівномірного введення диспергованого магнію в чавун з підвищенням площі поверхні контакту газомангнієвих пазирчиків і розплаву, зменшення втрат магнію за рахунок ліквідації прориву газомангнієвих потоків на поверхню ванни, підвищення ефективності реакції десульфурзації, збільшення зони розсіювання пазирчиків без їх групування у об'ємі розплаву приблизно в два рази.

Вдування диспергованого магнію з питомою інтенсивністю менш ніж  $0,08$  кг/хв. на тону чавуну підвищує тривалість обробки для досягнення визначеного вмісту сірки у чавуні, призводить до зайвих втрат тепла розплаву, зменшує стійкість вогнетривкої футерівки фурми та знижує показники операції.

Вдування диспергованого магнію з питомою інтенсивністю більш ніж  $0,10$  кг/хв. на тону чавуну призводить до зменшення ступеня засвоєння магнію розплавом, виходу не пару засвоюваного магнію на поверхню ванни та зниження показників обробки.

При витраті нейтрального газу менш ніж  $0,010$  м<sup>3</sup>/(т·хв.) ускладнюється транспортування диспергованого магнію по магніспроводу та вдування його вглиб розплаву, виникає загроза заварювання каналів фурми розплавом із виходом останньої з ладу.

При витраті нейтрального газу більш ніж  $0,012$  м<sup>3</sup>/(т·хв.) погіршуються умови розсіювання пазирчиків магнію у об'ємі ванни без їх групування, знижується ступінь засвоєння реагенту та ефективність операції. Вдування диспергованого магнію при швидкості обертання заглибної фурми до  $80$  об/хв. призводить до зменшення розмірів зони розсіювання пазирчиків магнію у ванні, збільшення розмірів газових об'ємів, що спливають до поверхні розплаву та зниження ступеня засвоєння реагенту.

Вдування диспергованого магнію при швидкості обертання заглибної фурми більш ніж  $150$  об./хв. призводить до виникнення канального режиму обробки розплаву із виходом значної частки не засвоюваного магнію на поверхню ванни та зниженням показників операції.

Невиконання кожної з вищенаведених вимог негативно позначається на ефективності та показниках десульфурзації чавуну диспергованим магнієм у заливальному ковші.

Друга поставлена задача вирішується тим, що в пристрої для десульфурзації чавуну диспергованим магнієм, призначеного для реалізації вищезазначеного способу, який містить заглибну фурму, що складається із верхньої штанги з каналом та нижньої вогнетривкої фурми з каналом і сопловим наконечником, механізм підйому та опускання фурми, механізм обертання фурми, який включає дуттьову камеру з підшипниковим вузлом і вмонтованою в ньому верхньою штангою фурми, привід обертання фурми із електродвигуна з редуктором, механізм фіксації штанги фурми у нижньому робочому положенні, газомангнієпідвідний трубопровід з'єднаний з дуттьовою коробкою, згідно з винаходом, механізм обертання фурми додатково має закріплені на верхній штанзі фурми ведене конічне зубчате колесо, нижній підшипник і тарілчасту кришку, а привід обертання, встановлений на зведенні камери десульфурзації, додатково включає закріплений в опорах у підшипникових вузлах вал з ведучим конічним зубчатим колесом, при цьому при знаходженні фурми в робочому положенні ведене і ведуче конічні зубчаті колеса з'єднані один з одним, обійма нижнього підшипника затиснена в затискачах механізму фіксації штанги фурми, а тарілчаста кришка розташована в отворі зведення камери десульфурзації.

Оснащення верхньої штанги механізму обертання фурми веденим зубчатим колесом і нижнім підшипником, а приводу обертання валом з ведучим конічним зубчатим колесом дозволяє забезпечити фіксоване відносно вертикальної осі обертання заглибної фурми в нижньому робочому положенні без виникнення вібрацій і підвищених динамічних навантажень на фурму, коли зовнішнє кільце нижнього підшипника затиснене в затискачах механізму фіксації штанги фурми. Виконання роз'ємного механізму обертання фурми і приводу обертання фурми у

вихідному положенні призводить до зменшення навантаження на привід підйому і опускання фурми, спрощує операції обслуговування установки і заміни заглибних фурм.

Суть винаходу пояснюється кресленнями (фіг. 1, 2), де на фіг. 1 наведено загальний вид пристрою у вихідному положенні над кришкою заливального ковша, на фіг. 2 - те ж у робочому положенні проведення десульфурації чавуну у заливальному ковші.

Пристрій для десульфурації чавуну диспергованим магнієм у заливальному ковші має заглибну фурму, яка складається з верхньої штанги 1 з каналом і нижньої вогнетривкої фурми 2 з каналом і двосопловим наконечником 3. З'єднання верхньої штанги 1 і нижньої вогнетривкої фурми 2 забезпечується фланцем 4. До механізму 5 підйому і опускання заглибної фурми приєднана каретка 6, в якій закріплена дуттьова камера 7. В дуттьову камеру 7 вмонтовано підшипниковий вузол 8, а в нього - торець верхньої штанги 1. На верхній штанзі 1 закріплені ведене конічне зубчате колесо 9, нижній підшипник 10, тарілчаста кришка 11.

Привід обертання 12 із електродвигуна з редуктором встановлений на кришці 13 ковша і включає закріплений в опорах 14 у підшипникових вузлах 15 вал 16 з ведучим конічним зубчатим колесом 17. Вал 16 з'єднується муфтою з вихідним валом редуктора приводу обертання 12 заглибної фурми. Подача газо-магнієвої суміші до дуттьової камери 7 здійснюється по трубопроводу 18, з'єднаному із дозатором магнію 19 з роторним живильником 20.

Фіксація обойми нижнього підшипника 10 верхньої штанги 1 заглибної фурми в робочому положенні здійснюється в затискачах механізму фіксації 21, змонтованому на зведенні камери десульфурації 13 біля отвору 22.

Під кришкою 13 розташовані заливальний ківш 23 з чавуном на самохідному візку 24 з гідрокантувачем ковша, машина скачування шлаку 25, шлакова чаша 26 на візку 27.

Робота пристрою, що заявляється, здійснюється в такий спосіб.

Перед початком обробки у вихідному положенні (фіг. 1) механізм обертання заглибної фурми і привід обертання 12 знаходяться в роз'єднаному стані. Заглибну фурму механізмом 5 опускають вниз через отвір 22 і розташовують торець наконечника 3 над поверхнею розплаву чавуну. Після цього відкривають подачу транспортуючого азоту з питомою інтенсивністю  $0,012 \text{ м}^3/(\text{т} \cdot \text{хв.})$  і заглибну фурму занурюють у розплав чавуну на фіксовану робочу глибину (фіг. 2). При цьому забезпечується з'єднання веденого конічного зубчатого колеса 9 верхньої штанги 1 фурми з ведучим конічним зубчатим колесом 17 приводу обертання 12 заглибної фурми, затиснення обойми нижнього підшипника 10 в затискачах механізму фіксації 21 штанги фурми, розміщення тарілчастої кришки 11 безпосередньо в отворі 22 зведення камери десульфурації 13 ковша 23.

Включають роторний живильник 20 дозатора магнію 19 і диспергований магній з витратою  $0,08-0,10 \text{ кг}/(\text{т} \cdot \text{хв.})$  подається по трубопроводу 18 в дуттьову камеру 7 і далі по каналах верхньої штанги 1 і вогнетривкої фурми 2 з вдуванням в розплав чавуну через сопловий наконечник 3. Одночасно включають привід обертання 12 заглибної фурми і через з'єднану зубчасту передачу у складі коліс 9 і 17 забезпечують регульовану швидкість обертання фурми в межах 80-150 об./хв.

Після введення необхідної кількості диспергованого магнію його витрату плавно зменшують до нуля з одночасним зменшенням витрати транспортуючого азоту до  $0,010 \text{ м}^3/(\text{т} \cdot \text{хв.})$ , відключають привід обертання 12 заглибної фурми, після чого фурму витягають з розплаву механізмом підйому 5 і фіксують у вихідному положенні (фіг. 1), а подавання транспортуючого газу припиняють. Після цього гідрокантувачем заливальний ківш 23 нахиляють в сторону шлакової чаші 26 і за допомогою машини скачування шлаку 25 скачують високосірчистий шлак у чашу 26 і відправляють ківш 23 з розплавом знесірченого чавуну до сталеплавильного агрегату.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб десульфурації чавуну диспергованим магнієм у заливальному ковші, який включає вдування в об'єм розплаву через заглибну обертову фурму диспергованого магнію в двох протилежно направлених під кутом  $90^\circ$  до подовжньої осі фурми нейтральних газових струменях, який **відрізняється** тим, що вдування диспергованого магнію здійснюють з питомою інтенсивністю  $0,08-0,10 \text{ кг/хв.}$  на тонну чавуну при витраті нейтрального газу  $0,010-0,012 \text{ м}^3/\text{т} \cdot \text{хв.}$  зі швидкістю обертання заглибної фурми 80-150 об./хв.

2. Пристрій для десульфурації чавуну диспергованим магнієм, призначений для реалізації способу за п. 1, який містить заглибну обертову фурму для подачі диспергованого магнію, яка складається з верхньої штанги з каналом та нижньої вогнетривкої фурми з каналом і сопловим наконечником, механізм підйому та опускання фурми, механізм обертання фурми, який включає

- дутьову камеру з підшипниковим вузлом і вмонтованою в ньому верхньою штангою фурми, привід обертання фурми із електродвигуна з редуктором, механізм фіксації штанги фурми у нижньому робочому положенні, газомagnecпiдвiдний трубопровiд, з'єднаний з дутьовою коробкою, який **вiдрiзняється** тим, що механiзм обертання фурми додатково має закріплені на
- 5 верхній штанзі фурми ведене конічне зубчате колесо, нижній підшипник і тарілчасту кришку, а привід обертання, встановлений на зведенні камери десульфурації, додатково включає закріплений в опорах у підшипникових вузлах вал з ведучим конічним зубчатим колесом, при
- 10 цьому при знаходженні фурми в робочому положенні ведене і ведуче конічні зубчаті колеса з'єднані один з одним, обійма нижнього підшипника затиснена в затискачах механізму фіксації штанги фурми, а тарілчаста кришка розташована в отворі зведення камери десульфурації.

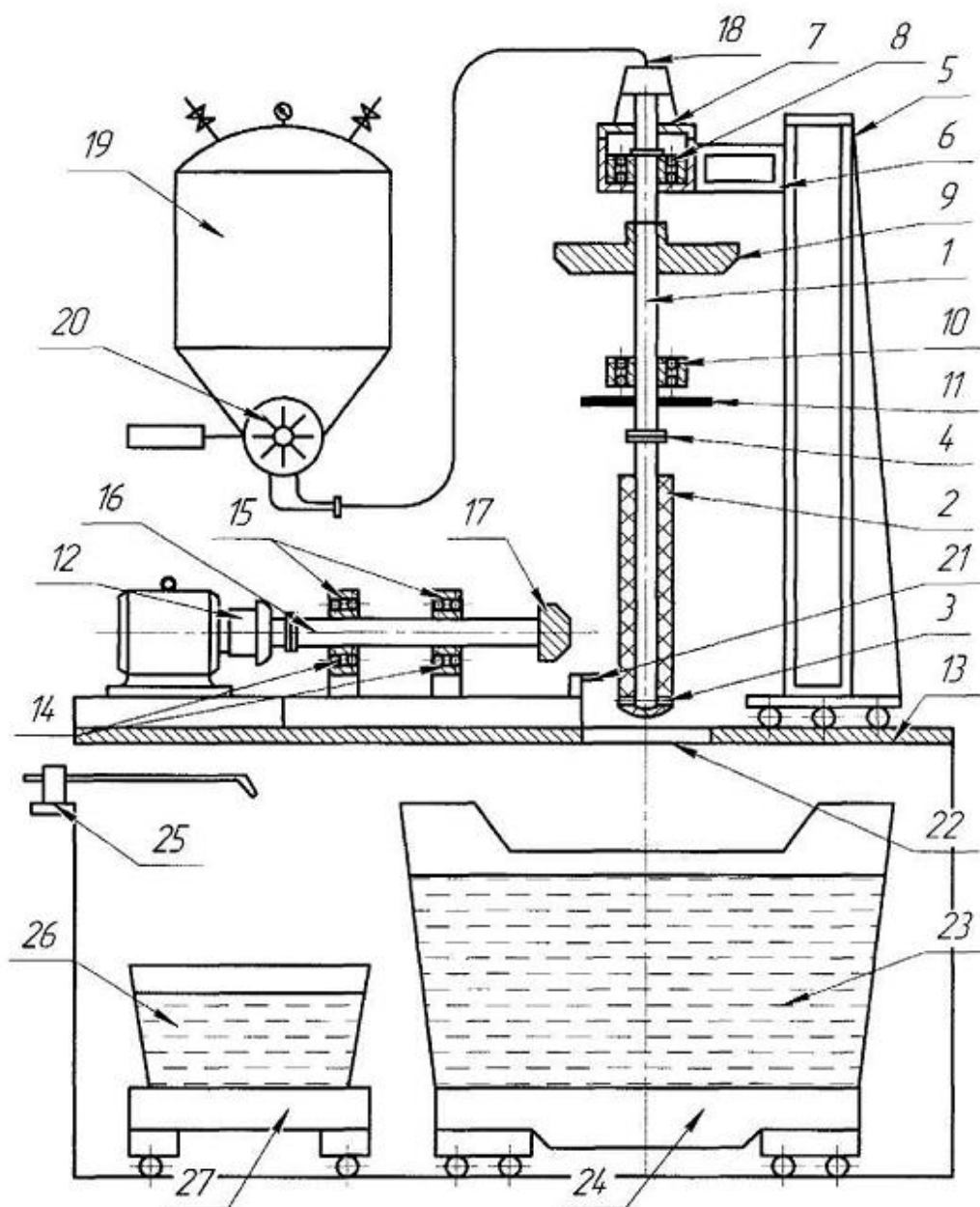


Fig. 1

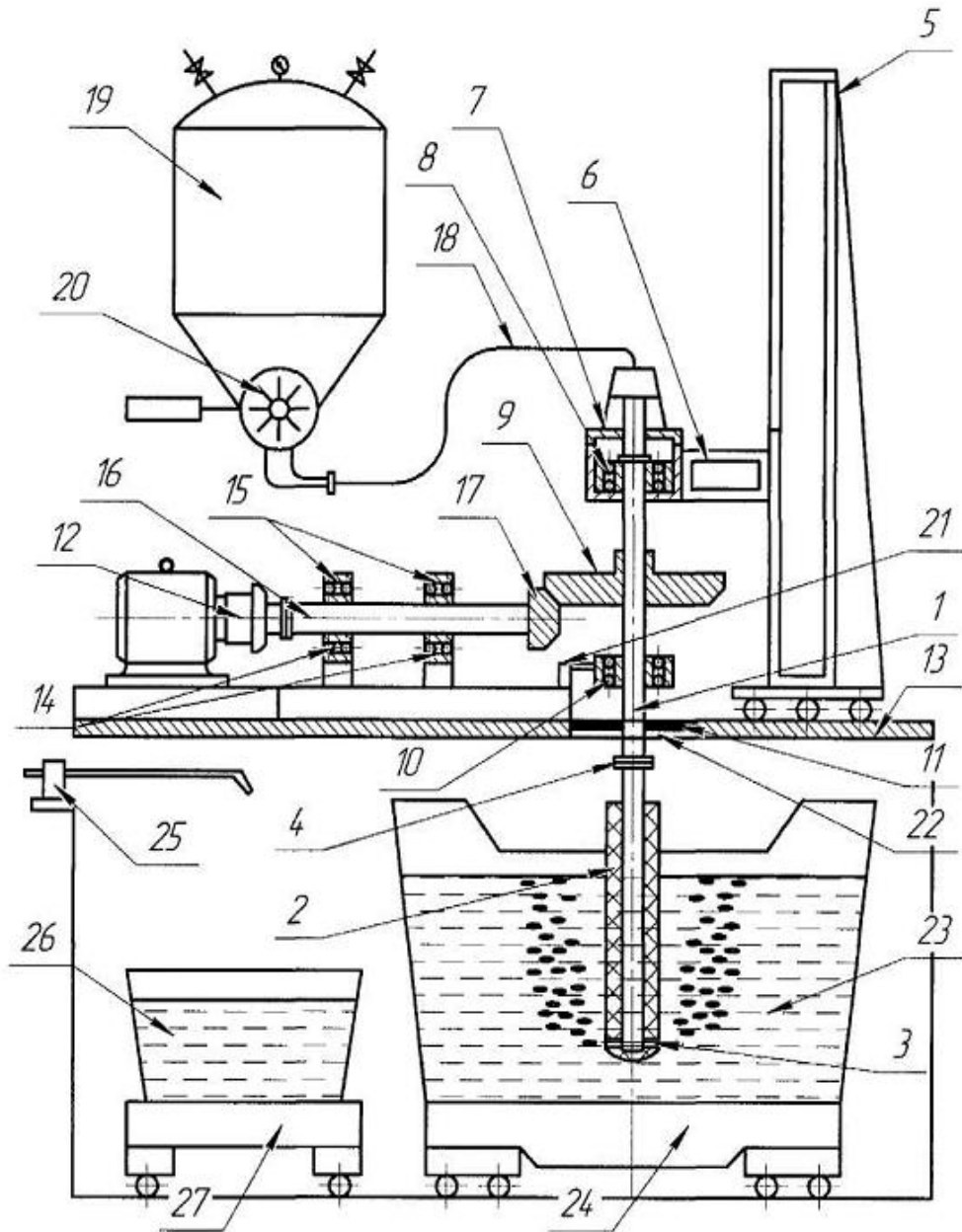


Fig. 2

Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601