



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **163971** (13) **U**
(51) МПК (2026.01)
C22B 9/00
C22B 9/02 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

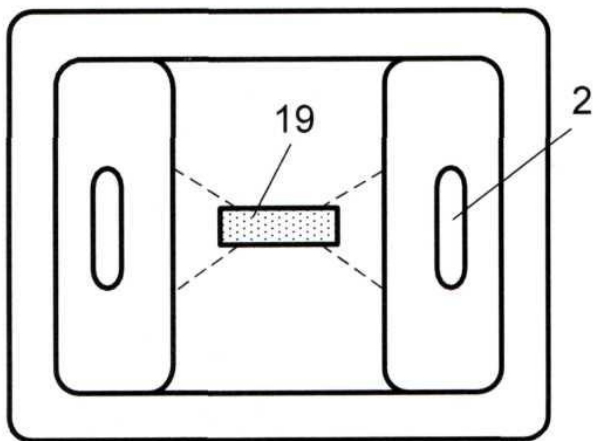
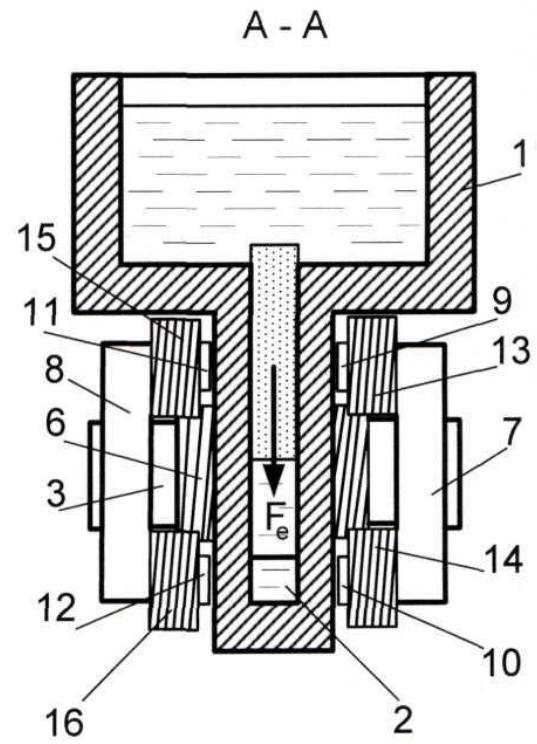
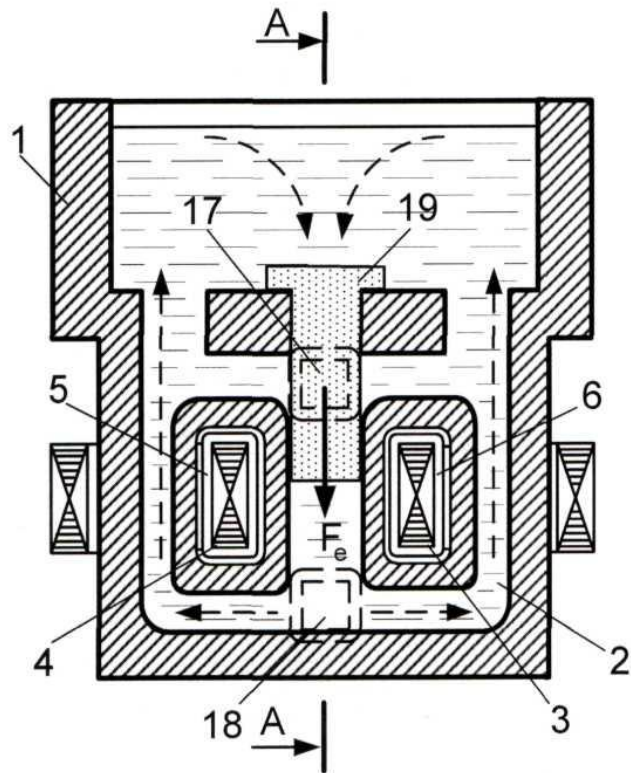
(21) Номер заявки: u 2026 01504	(72) Винахідник(и): Фікссен Владислав Миколайович (UA), Смірнов Олексій Миколайович (UA)
(22) Дата подання заявки: 18.03.2026	(73) Володілець (володільці): ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, бульв. Акад. Вернадського, 34/1, м. Київ, 03142 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 13.08.2026	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 12.08.2026, Бюл.№ 32	

(54) СПОСІБ РАФІНУВАННЯ МЕТАЛЕВИХ РОЗПЛАВІВ ФІЛЬТРУВАННЯМ

(57) Реферат:

Спосіб рафінування металевих розплавів фільтруванням включає багаторазове пропускання струмонесучого потоку розплаву через фільтр під дією електромагнітної сили, яку генерують за межами фільтра шляхом взаємодії змінних електричного струму із змінним зовнішнім магнітним полем. При цьому фільтр розташовують в схрещених електричному і магнітному полях на ділянці металотракту, по якому протікає розплав під дією електромагнітних сил, які створюють в цій ділянці і одночасно в іншій ділянці цього металотракту, що знаходиться за межами фільтра.

UA 163971 U



Корисна модель належить до галузі металургії і ливарного виробництва та може бути використана для рафінування рідких металів та сплавів від неметалевих включень фільтруванням в процесі їх підготовки до заливання в ливарні форми та інші формоутворюючі металоприймачі.

Відомі способи видалення включень з розплавленого металу, шляхом фільтрування (US Patent 4,837,385 МПК В01D35/06, В03С1/023, В03С1/32, 07.05.1987). У патенті розглянуті шість варіантів створення електромагнітного впливу на фільтруюче середовище. При цьому використовуються постійні електричний струм і магнітне поле, тому підведення струму може бути тільки кондукційним. Це суттєво обмежує використання електромагнітних впливів при фільтруванні металевих розплавів, оскільки електромагнітні міксери-дозатори переважно працюють на змінному струмі. Крім цього, електроди, які контактують з рідким металом, можуть реагувати з ним і вимагають водяного охолодження.

Відомий також пристрій для очищення металевих розплавів (авторське свідоцтво СРСР № 452604, МПК С21С7/00, опубл. 05.12.74, бюл. № 45), який має ряд ознак заявленого способу, а саме: робота на змінному струмі і розташування фільтра між полюсами електромагніта. Недоліком цього рішення також є необхідність застосування електродів для підведення електричного струму до рідкого металу.

Найближчим аналогом запропонованого технічного рішення є спосіб рафінування розплавів фільтруванням (патент України № 90327, МПК(2009) С22В9/02, С22В9/00, опубл. 26.04.2010, Бюл. № 8, 2010 р.), який включає багаторазове пропускання струмонесучого потоку розплаву через фільтр під дією електромагнітної сили, яку створюють за межами фільтра шляхом взаємодії електричного струму із зовнішнім магнітним полем.

Ознаки, які співпадають з суттєвими ознаками заявленої корисної моделі: через фільтр пропускається змінний електричний струм, проходження розплаву через фільтр здійснюється під дією електромагнітної сили, яку генерують за межами фільтра, рафінуванню піддають певну масу розплаву, що розташована в ємності, яка обігрівается, а розплав багаторазово пропускають через зону фільтрування.

Головний недолік такого способу полягає в тому, що в фільтруючому середовищі діють тільки ті електромагнітні сили, які виникають при взаємодії електричного струму, що проходить через фільтр з власним магнітним полем. Це фізичне явище має назву "лінійний пінч ефект". В результаті його дії в потоці, що проходить через фільтр, виникає градієнт тиску, спрямований до центра потоку, а на неметалеві включення при цьому діє квазіархімедова сила, спрямована протилежно. В цьому випадку величина градієнта тиску обмежена щільністю електричного струму в 2-3 А/мм², відповідно і величиною магнітної індукції, яку створює цей струм. В той же час при створенні схрещених електричного і магнітного полів із застосуванням зовнішнього магнітного поля можна отримати об'ємну електромагнітну силу, яка в багато разів перевищує силу, що діє в найближчому аналогу при тій же щільності електричного струму. В результаті істотно зростає градієнт електромагнітного тиску в фільтрі та відповідно сила впливу на неметалеві включення.

Мета корисної моделі - підвищити ефективність видалення неметалевих включень з металевих розплавів при фільтруванні через пінокерамічні фільтри за рахунок суттєвого збільшення електромагнітної сили, що діє в комірках фільтра.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалити спосіб видалення неметалевих включень з металевих розплавів шляхом розміщення пінокерамічного фільтра у схрещених електричному і магнітному полях і за рахунок цього створити в комірках фільтра умови, за яких значно підвищується роль адгезії та коагуляції неметалевих частинок в процесі фільтрування.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі рафінування металевих розплавів фільтруванням, який включає багаторазове пропускання струмонесучого потоку розплаву через фільтр під дією електромагнітної сили, яку генерують за межами фільтра шляхом взаємодії змінних електричного струму із змінним зовнішнім магнітним полем, згідно з корисною моделлю, фільтр розташовують в схрещених електричному і магнітному полях на ділянці металотракту, по якому протікає розплав під дією електромагнітних сил, які створюють в цій ділянці, і одночасно в іншій ділянці цього металотракту, що знаходиться за межами фільтра.

Для реалізації корисної моделі можна використати, наприклад, двозонну магнітодинамічну установку (Авторське свідоцтво СРСР № 1402215, МПК Н02К44/06, 14.04.86. Для службового користування), як один із можливих варіантів. Для цього у верхню робочу зону установки встановлюють пінокерамічний фільтр. Таким чином фільтр знаходиться в схрещених електричному і магнітному полях, за допомогою яких в ньому створюється електромагнітна сила, що в декілька разів перевищує силу, яка створюється в найближчому аналога. Друга робоча зона служить для регульованого прокачування металевих розплавів, що підлягає

рафінуванню, через фільтр. У фільтрі створюють електромагнітну силу, величина та напрямок якої забезпечують найкраще затримання неметалевих включень.

Зв'язок між сукупністю ознак реалізації корисної моделі і технічним результатом, якого можна досягти, полягає в наступному.

Ознака: фільтр розташовують в схрещених електричному і магнітному полях на ділянці металотракту, по якому протікає розплав під дією електромагнітної сили, яку створюють в цій ділянці, і одночасно в іншій ділянці цього металотракту, що знаходиться за межами фільтра, забезпечує підвищення градієнту тиску в комітках фільтра на порядок більше порівняно з тим, що може бути досягнуто при пропусканні струму через фільтр без дії зовнішнього магнітного поля. При цьому електромагнітна сила, яку створюють в іншій робочій зоні, забезпечує необхідну швидкість протікання розплаву через фільтр. На неметалеві частинки в фільтрі діє квазіархімедова сила, яка направлена назустріч дії електромагнітної сили на розплав, відбувається їх гальмування і прилипання до стінок комірок фільтра, тобто покращуються умови їх адгезії. Крім цього, в комітках створюються вихори, які сприяють коагуляції неметалевих включень. Таким чином, електромагнітна сила, що діє в об'ємі фільтра, суттєво підсилює ефективність видалення неметалевих часток, а друга електромагнітна сила поряд з першою розширює діапазон регулювання, гідродинамічних параметрів потоку розплаву, який протікає через фільтр. Сукупність перерахованих факторів сприяє затриманню частинок, які мають розміри на два-три порядки менше, ніж розміри комірок фільтра. Інше дуже важливе слідство полягає в тому, що для видалення дрібних включень з'являється можливість заміни фільтрів на менш щільні, що мають більші розміри комірок, та відповідно мають менший гідрравлічний опір, завдяки чому з'являється можливість збільшити витрату розплаву через фільтр до значення, яке недоступне при використанні щільних фільтрів, наприклад, замінити фільтр 60 ррі пір, фільтром 20 ррі. При цьому ефективність фільтрування не буде знижуватися.

Суть корисної моделі пояснюється прикладом реалізації згідно зі схемою (див креслення), на якій представлені три проекції вищезгаданої двозонної магнітодинамічної установки з пінокерамічним фільтром, розміщеним у верхній робочій зоні.

Установка містить тигель 1, Ш-подібний канал 2, індуктори 3 і 4 з обмотками 5 і 6, що охоплюють бічні ділянки Ш-подібного каналу, і електромагніт, який складається з двох частин, симетрично розташованих відносно каналу 2. Кожна половина електромагніта складається з С-подібних магнітопроводів 7 і 8, які паралельні осі центральної ділянки каналу. На кожному з полюсних наконечників 9 і 10, 11 і 12 магнітопроводів розташовані обмотки 13 і 14, 15 і 16 відповідно.

В області з'єднання тигля 1 з центральною ділянкою Ш-подібного каналу 2 сформована робоча зона 17, що має хрестоподібну форму. У нижній частині Ш-подібного каналу 2 сформована трійникова робоча зона 18. Обидві робочі зони каналу розміщені в зазорах між полюсними наконечниками електромагніта, відповідно, 9 і 11, 10 і 12. У робочій зоні 17 розміщують пінокерамічний фільтр 19.

Спосіб здійснюється наступним чином. Рідкий алюмінієвий сплав, що підлягає очищенню від неметалевих включень, заливають в тигель 1 до заданого рівня. При цьому заповнюється Ш-подібний канал 2. Підключають обмотки 5 і 6 індукторів 3, 4 і обмотки електромагніта 13, 14 і 15, 16 до джерела змінного струму таким чином, щоб електромагнітна сила F_e при подачі на них електричної напруги була спрямована від робочої зони 17 до трійникової робочої зони 18. За допомогою спеціальних кліщів вводять пінокерамічний фільтр 19 у робочу зону 1 і подають на перелічені обмотки електричну напругу. Металевий розплав під дією електромагнітних сил, які створюються в робочих зонах 17 і 18, циркулює за напрямками, позначеними штриховими стрілками.

Після завершення процесу рафінування розплаву від неметалевих включень вилучають фільтр, встановлюють металопровід і здійснюють електромагнітне розливання розплаву в формоутворюючі металоприймачі.

Ефективність способу перевіряли на сплаві АД31, який містить 97,25-99,3 % алюмінію, тому його макроструктура сильно залежить від ступеня забрудненості неметалевими включеннями і служить об'єктивним якісним показником чистоти металу. Відомо, що при зменшенні вмісту неметалевих включень розміри макрозерен збільшуються, тому їхній середній розмір є показником чистоти металу. Були проведені експерименти з фільтруванням, в яких використовували два типи фільтрів з різними розмірами пор - 40 і 20 ррі (пор на дюйм). Витрата металу через фільтри становила відповідно до їх гідрравлічних опорів приблизно 1 і 2 кг/с, відповідно.

У базовому експерименті фільтрування проводили по способу, який є найближчим аналогом (патент України № 90327) з використанням фільтра 40 ррі. У двох інших експериментах фільтр

був розташований у схрещених електричному та магнітному полях. У всіх варіантах кратність фільтрування була однаковою, тому при використанні фільтра 20 ррі час фільтрування було скорочено вдвічі щодо фільтра 40 ррі. Слід зазначити, що у всіх випадках застосовували подвійну кратність фільтрування, що недостатньо для базового варіанта, проте за таких умов

5 очевидніше проявляється підвищення ефективності фільтрування при розташуванні фільтра в схрещених електричному та магнітному полях. З рафінованого металу було отримано литі зразки діаметром 15 мм. Дослідження макроструктури показало, що порівняно з базовими зразками при електромагнітному впливі на фільтр середній розмір макрозерен збільшився

10 приблизно в 1,8 разу. При цьому результати фільтрування при електромагнітному впливі через фільтри на 40 і 20 ррі вийшли практично однаковими, незважаючи на те, що на фільтрування через фільтр на 20 ррі було витрачено часу вдвічі менше, ніж через фільтр на 40 ррі.

Таким чином, при розміщенні пінокерамічного фільтра в робочій зоні магнітодинамічної установки створюються умови, за яких істотно зростає роль таких факторів як адгезія і коагуляція, внаслідок чого суттєво підвищується ймовірність видалення дрібних неметалевих

15 включень. Крім цього, завдяки цьому можна збільшити витрату розплаву через фільтр за рахунок використання фільтрів, які мають більший розмір комірок, без зниження ефективності фільтрування.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб рафінування металевих розплавів фільтруванням, який включає багаторазове пропускання струмонесучого потоку розплаву через фільтр під дією електромагнітної сили, яку генерують за межами фільтра шляхом взаємодії змінних електричного струму із змінним зовнішнім магнітним полем, який **відрізняється** тим, що фільтр розташовують в схрещених

20 електричному і магнітному полях на ділянці металотракту, по якому протікає розплав під дією електромагнітних сил, які створюють в цій ділянці і одночасно в іншій ділянці цього металотракту, що знаходиться за межами фільтра.

25

