



УКРАЇНА

(19) UA (11) 32987 (13) U
(51) МПК (2006)
G01B 15/02
G01B 17/02
G01N 9/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) РАДІОІЗОТОПНИЙ ГУСТИНОМІР-ТОВЩИНОМІР

1

(21) u200800757
(22) 22.01.2008
(46) 10.06.2008, Бюл.№ 11, 2008 р.
(72) СТЬОПКИНА ТЕТЯНА МИКОЛАЇВНА, UA, ДУ-
БОВЕЦЬ ОЛЕКСІЙ МИКОЛАЙОВИЧ, UA
(73) УКРАЇНСЬКА ІНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГІЧНА
АКАДЕМІЯ, UA
(57) Радіоізотопний густиномір-товщиномір, що
містить зону контролю у вигляді трубопроводу,
обертове джерело γ -випромінювання, яке сканує
зону контролю з досліджуванним середовищем по-
перемінно по двох каналах, приймач випроміню-
вання, перетворюючий блок, підсилювач, реверс-
ивний двигун, компенсаційний клин, вихідний пе-
ретворювач та вторинний прилад, який **відріз-
няється** тим, що містить два запам'ятовуючі при-
строї, перший з яких встановлено в каналі виміру
ступеня послаблення інтенсивності γ -
випромінювання досліджуванним середовищем,
другий - в каналі виміру ступеня послаблення ін-
тенсивності γ -випромінювання одночасно стінками
трубопроводу і досліджуванним середовищем, пе-

2

ретворюючий блок з масштабуванням, вторинний
прилад, який вимірює щільність середовища і то-
вщину стінки трубопроводу, блок обчислення тов-
щини стінки трубопроводу відповідно до закономі-
рності

$$I_m = \frac{\rho_{\Sigma} - \rho_{ж}}{\rho_m - \rho_{ж}} \cdot \frac{D}{2} \cdot \sin \alpha,$$

де I_m - товщина стінки трубопроводу;

ρ_{Σ} - усереднена щільність речовини, що склада-
ється з рідкої та твердої фази в каналі сканування
радіоізотопним випромінюванням трубопроводу з
більшою довжиною шляху в досліджуваному се-
редовищі;

$\rho_{ж}$ - щільність рідкого середовища по трубопро-
воду;

ρ_m - щільність матеріалу трубопроводу;

D - зовнішній діаметр трубопроводу;

α - кут нахилу каналу сканування до осі трубопро-
воду (зони контролю).

Корисна модель відноситься до вимірювальної
техніки і може бути використана для одночасного
виміру щільності будь-яких текучих рідких середо-
вищ, включаючи середовища з абразивними твер-
дими частками (пульпи, суспензії), і товщини стінки
промислових трубопроводів.

Відомий радіоізотопний густиномір, що містить
зону контролю - трубопровід з досліджуванним се-
редовищем, обертове джерело γ -випромінювання,
приймач випромінювання, підсилювач, реверсив-
ний двигун, компенсаційний клин, вихідний пере-
творювач і вторинний прилад. Даний густиномір
має два канали сканування γ -випромінюванням
зони контролю, перший з яких проходить через
трубопровід з досліджуванним середовищем, дру-
гий - через компенсаційний клин [Кулаков М.В.
технологічні виміри і прилади для хімічних вироб-
ництв. - М.: Машинобудування, 1974, с.335-336].

Недоліками даного радіоізотопного густиномі-
ра є:

- залежність результатів виміру від зміни тов-
щини стінок зони контролю внаслідок їх зносу під
дією на поверхню абразивних властивостей рідких
середовищ (часток твердої фази пульпи і суспен-
зії);

- неможливість виконання виміру товщини сті-
нки трубопроводу.

Зазначені недоліки є результатом того, що при
наявності 2-х каналів сканування тільки один про-
ходить через трубопровід з досліджуванним се-
редовищем, при цьому в зазначеному каналі товщи-
на стінок трубопроводу змінюється в часі.

Найбільш близьким пропонованому радіоізо-
топному густиноміру-товщиноміру може служити
радіоізотопний густиномір [Деклараційний патент
на корисну модель №4574 G01N9/14], який містить

(13) U

(11) 32987

(19) UA

в собі зону контролю у вигляді трубопроводу з круглим перерізом постійного діаметру по всій довжині, обертове джерело γ -випромінювання, приймач випромінювання, перетворюючий блок, реверсивний двигун, компенсаційний клин, вихідний перетворювач та вторинний прилад.

Прототип має два канали сканування γ -випромінюванням зони контролю, які проходять через трубопровід з досліджуванним середовищем, розташовані у двох площинах, перша з яких співпадає з віссю зони контролю, друга - перпендикулярна цій вісі.

Відомий радіоізотопний густиномір дозволяє проводити виміри щільності середовища, яке протікає по трубопроводу, незалежно від товщини стінок трубопроводу, але не забезпечує можливість контролювати товщину стінки, що може привести до розриву трубопроводу при зменшенні товщини стінки до критичної межі (границі) та аварійним ситуаціям.

Задачею пропонованої корисної моделі є створення конструкції, яка дозволить одночасно проводити вимірювання щільності середовища та товщини стінок трубопроводу з допустимою похибкою. Можливість рішення даної задачі доведена теоретично та методом графічного моделювання.

На основі формули $\rho_c = \rho_m + (1-n)\rho_j$ і з урахуванням кута нахилу каналу сканування з більшою довжиною шляху в досліджуваному середовищі доведено, що

$$I_m = \frac{\rho_\Sigma - \rho_j}{\rho_m - \rho_j} \cdot \frac{D}{2} \cdot \sin \alpha,$$

де I_m - товщина стінки трубопроводу;

ρ_Σ - усереднена щільність речовини, що складається з рідкої та твердої фази в каналі сканування радіоізотопним випромінюванням трубопроводу з більшою довжиною шляху в досліджуваному середовищі;

ρ_j - щільність рідкого середовища, яке протікає по трубопроводу;

ρ_m - щільність матеріалу трубопроводу;

D - зовнішній діаметр трубопроводу;

α - кут нахилу каналу сканування до вісі трубопроводу (зони контролю).

Отже, в процесі рішення даної задачі необхідно визначити усереднену щільність речовини та щільність рідкого середовища, при відомих зовнішньому діаметрі та щільності матеріалу трубопроводу. Тому до конструкції пристрою необхідно ввести блоки, які б дозволили визначити усереднену щільність речовини при відомій товщині стінки.

Зазначена задача досягається за рахунок того, що до конструкції відомого густиноміра, який містить зону контролю у вигляді трубопроводу з круглим і постійним по всій довжині поперечним перерізом, обертове джерело γ -випромінювання, два канали сканування γ -випромінюванням зони контролю, розташовані в двох площинах, перша з яких співпадає з віссю зони контролю, друга - перпендикулярна цій осі, приймач випромінювання, перетворюючий блок, підсилювач, реверсивний двигун, компенсаційний клин, вихідний перетворювач і вторинний прилад, який вимірює щільність середовища, відповідно до корисної моделі вве-

дені два запам'ятовуючі пристрої (перший з яких встановлено в каналі виміру ступеня послаблення інтенсивності γ -випромінювання досліджуванним середовищем, другий - в каналі виміру ступеня послаблення інтенсивності γ -випромінювання одночасно стінками трубопроводу і досліджуванним середовищем, що знаходиться в трубопроводі), блок обчислення товщини стінки трубопроводу (відповідно до закономірності

$$I_m = \frac{\rho_\Sigma - \rho_j}{\rho_m - \rho_j} \cdot \frac{D}{2} \cdot \sin \alpha), \text{ вторинний двошкаль-}$$

ний прилад, одночасно вимірюючий по одній шкалі щільність середовища і по другій - товщину стінки трубопроводу. Корисна модель представлена кресленням.

На Фіг.1 зображена схема пропонованого радіоізотопного густиноміра-товщиноміра.

Густиномір-товщиномір містить джерело γ -випромінювання 1, закріплене на диску 2, встановленому на валу 3 синхронного двигуна 4, зону контролю 5 (виконану у виді ділянки трубопроводу з круглим перерізом постійного діаметру по всій довжині), приймач випромінювання 6, запам'ятовуючі пристрої 8 та 14, перетворюючий блок 7, фазочутливий підсилювач 9, реверсивний двигун 10, компенсаційний клин 11, вихідний перетворювач 12, перетворюючий блок з масштабуванням 13, блок реалізації формули 15, вторинний прилад 16.

Робота густиноміра-товщиноміра здійснюється в такий спосіб.

Джерело випромінювання 1, закріплене на диску 2, установленому на валу 3, обертається з заданою швидкістю синхронним двигуном 4. Потік γ -випромінювання сканує зону контролю з досліджуванним середовищем поперемінно по двох каналах, перший (K1) з яких (розташований у першій площині, що проходить через вісь зони контролю) має довжину L_1 (див. Фіг.2), другий (K2), розташований у другій площині, перпендикулярній осі зони контролю, має довжину L_2 (див. Фіг.1), при цьому

$$L_1 = 2l_1 + l_1$$

$$L_2 = 2l_2 + l_2 + \Delta l_{кл},$$

де l_1 - довжина шляху γ -випромінювання в досліджуваному середовищі в границях K1;

l_2 - довжина шляху γ -випромінювання в досліджуваному середовищі в границях K2;

l_1 і l_2 - товщина стінок зони контролю в границях відповідно K1 і K2;

$\Delta l_{кл}$ - товщина компенсаційного клину в границях K2.

Розташування каналів підібрано таким чином, щоб $l_1 = l_2$, при цьому $l_1 - l_2 \approx d$, завдяки чому забезпечується можливість виміру щільності середовища в зоні контролю (при двоканалному її скануванні γ -випромінюванням), і досягнення необхідної чутливості приладу до зміни щільності досліджуваного середовища.

Минулі через перший K1 і другий K2 канали потоки γ -випромінювання (відповідно J_1 і J_2) направляються в приймач випромінювання 6 (поперемінно й у противофазі), що перетворює їх в електричні постійно порівнювані сигнали E_1 і E_2 . Унаслідок цього приймач 6 формує (за один пово-

рот диска 2 джерела γ -випромінювання 1) сигнал $AE=E_1-E_2$, значення якого пропорційно:

$$\Delta I = L_1 - L_2 = I_1 + 2I_{11} - [(I_2 + 2I_{12}) - \Delta I_{KL}] = I_1 - (I_2 + \Delta I_{KL}),$$

Тому що $\Delta I_{KL} = \text{const}$ для кожної межі виміру і кожної оцінки шкали вторинного приладу, то ΔE не залежить від товщини стінок зони контролю в границях K1 і K2, а взаємозв'язок щільності досліджуваного середовища в зоні контролю з інтенсивністю γ -випромінювання визначається формулою:

$$J_H = J_{0e}^{-\mu \rho \Delta I},$$

де J_H - ослаблення γ -випромінювання при двоканальному скануванні зони контролю з досліджуваним середовищем;

μ - коефіцієнт масового поглинання, пропорційний щільності досліджуваного середовища;

ρ - щільність досліджуваного середовища в зоні контролю.

При значенні щільності досліджуваного середовища в зоні контролю 5, що відповідає початковій оцінці шкали, компенсаційний клин 11 виставляється в положення, що вирівнює значення інтенсивностей випромінювань, які надходять на приймач 6 через перший і другий канали $J_1 = J_2$ (де J_1 і J_2 - інтенсивності випромінювання, які прийшли на приймач через канали K1 і K2). У цьому випадку ослаблення γ -випромінювання шаром ΔI досліджуваного середовища в K1 врівноважується ослабленням γ -випромінювання початковою товщиною компенсаційного клина в границях K2 і «різнице-вий» сигнал ($\Delta E = E_1 - E_2$), що виникає в приймачі 6 за один поворот джерела γ -випромінювання, дорівнює 0, внаслідок чого вимірювальна схема врівноважена.

Якщо щільність контрольованого середовища в трубопроводі збільшується, то ослаблення γ -випромінювання шаром контрольованого середовища ΔI стає більше ослаблення γ -випромінювання товщиною компенсаційного клина при початковому його положенні. У приймачі 6 виникає сигнал розбалансу $\Delta E \neq 0$, що перетворюється в блоці 7 і надходить до запам'ятовуючого пристрою 8, який фіксує його значення. При цьому даний сигнал пропорційний ступені послаблення інтенсивності γ -випромінювання тільки досліджуваним середовищем. Далі сигнал надходить на вхід фазочутливого підсилювача 9. Після посилення (по напрузі і потужності) сигнал пускає в хід реверсивний двигун 10. Останній переміщує компенсаційний клин 11 («збільшуючи» його) до тих пір, поки сприймані по першому і другому каналах приймачем 6 інтенсивності потоків γ -випромінювання не стануть рівними (при цьому сигнал розбалансу AE в приймачі 6 стає рівним 0 і вимірювальна схема врівноважується). Вал реверсивного двигуна 10 кінематично зв'язаний з чутливим елементом вихідного перетворювача 12 (який виробляє сигнал 0-5mA). Зазначений сигнал сприймається двохшальним вторинним приладом 16, одна зі шкал якого проградуїрована в одиницях виміру щільності.

Одночасно потік γ -випромінювання, який пройшов через канал K1 (що послаблений товщиною стінок трубопроводу I_{π} і довжиною її шляху γ -випромінювання в досліджуваному середовищі в границях K1) і надходить до приймача 6 (тобто сигнал, залежний від товщини стінки трубопроводу і щільності рідкого середовища) перетворюється в блоці 13 з подальшим масштабуванням відносно величини I_{π} , надходить до запам'ятовуючого пристрою 14, який фіксує його значення. При цьому даний сигнал пропорційний ступені послаблення інтенсивності γ -випромінювання одночасно стінками трубопроводу і досліджуваним середовищем, яке знаходиться в ньому. При наявності інформації про зовнішній діаметр трубопроводу ($D = \text{const}$) і щільність матеріалу, з якого виготовлено трубопровід ($\rho_m = \text{const}$) для виміру товщини стінки використовується формула:

$$I_m = \frac{\rho_{\Sigma} - \rho_{ж}}{\rho_m - \rho_{ж}} \cdot \frac{D}{2} \cdot \sin \alpha$$

де I_m - товщина стінки трубопроводу;

ρ_{Σ} - усереднена щільність речовини, що складається з рідкої та твердої фази в каналі сканування радіоізотопним випромінюванням трубопроводу з більшою довжиною шляху в досліджуваному середовищі;

$\rho_{ж}$ - щільність рідкого середовища по трубопроводу;

ρ_m - щільність матеріалу трубопроводу;

D - зовнішній діаметр трубопроводу;

α - кут нахилу каналу сканування до вісі трубопроводу (зони контролю), по якій блок 15 здійснює обчислення і формує вихідний сигнал, пропорційний товщині стінки трубопроводу. Зазначений сигнал сприймається вторинним приладом 16, друга шкала якого проградуїрована в одиницях виміру товщини. Вторинний прилад виконує функції контролю і сигналізації, завдяки чому при наближенні критичної ситуації (товщина стінок трубопроводу досягає мінімально допустимого значення) відбувається спрацювання сигналізації.

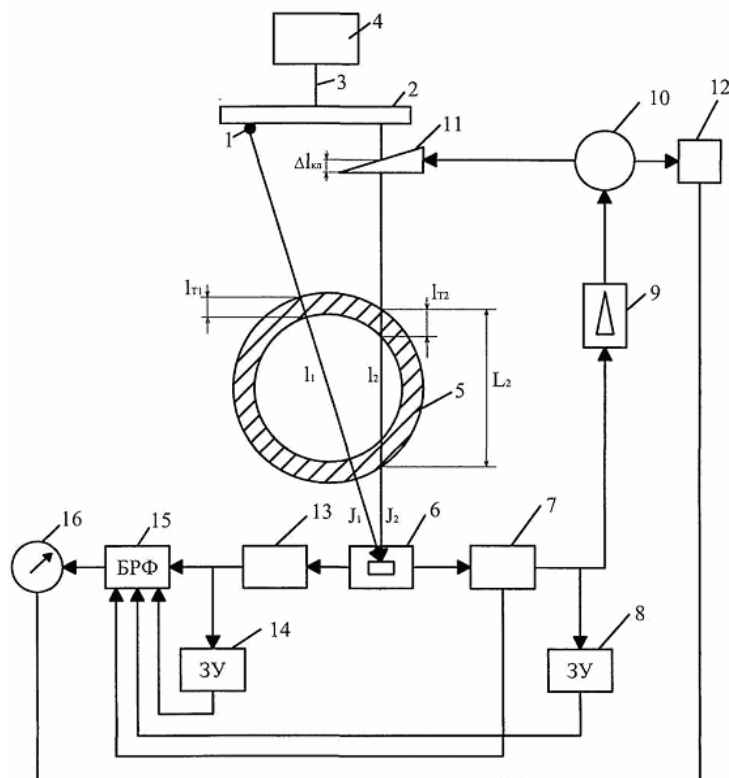
Пропонований радіоізотопний густиномір-товщиномір у порівнянні з відомим густиноміром дозволяє в процесі експлуатації одночасно проводити виміри щільності середовища, що протікає через трубопровід, та товщини стінки трубопроводу з допустимою похибкою.

Джерела інформації:

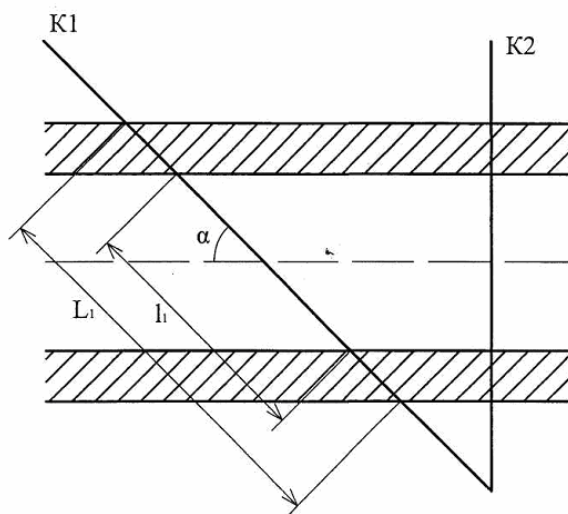
1. Автоматизация процессов обогащения цветных металлов. Зубков Г.А., Забелин В.Л. и др., изд-во «Недра», 1967, - 483с.

2. Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1974, - 456с.

3. Опис до деклараційного патенту на корисну модель №4574 G01N9/14.



Фиг. 1



Фиг. 2