

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРУЖНО-ТЕНЗОМЕТРИЧНИХ ВАГОВИХ ПРИСТРОЇВ З МАГНІТНИМ ВУЗЛОМ СИЛОВВЕДЕННЯ

© Кім Богдан, Микола Слаженєв, 2013

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України,
бул. Вернадського, 34/1, 03680, м. Київ – 142, Україна.

Проаналізовано сучасні тензометричні ваги стосовно збереження їх метрологічних показників під час експлуатації в умовах дії випадкових або систематичних дестабілізуючих факторів. Наведено конструктивно-функціональні схеми розроблених пружно-тензометричних вагових пристроїв з магнітним вузлом силовведення. Представлено результати експериментальних досліджень цих пристроїв на фізичних моделях. Дано рекомендації щодо вибору раціональних параметрів вузла силовведення з урахуванням умов експлуатації.

Выполнен анализ современных тензометрических весов относительно сохранения их метрологических показателей при эксплуатации в условиях случайных или систематических дестабилизирующих факторов. Приведены конструктивно-функциональные схемы разработанных упруго-тензометрических весовых устройств с магнитным узлом силовведения. Представлены результаты экспериментальных исследований этих устройств на физических моделях. Даны рекомендации по выбору рациональных параметров узла силовведения с учетом условий эксплуатации.

The analysis of modern tensometric balance in relation to saving of its metrological indexes during exploitation in the conditions of accidental or systematic destabilizing factors executed. The structural-functional schemes of the developed resilient- tensometric weighting devices with the magnetic strength module are resulted. The results of experimental researches of its devices on physical models presented. Recommendations on the rational parameters choice for strength module taking into account external environments are given.

1. Вступ. Надійність сучасних тензометричних ваг багато в чому залежить від умов їх експлуатації. Так, наприклад, у технологічних процесах металургії, ливарного виробництва та деяких інших діють різноманітні дестабілізуючі фактори, які негативно впливають на метрологічні показники ваг, а в деяких випадках виводять їх з ладу. Це призводить до порушень технологічного процесу, а отже, до погіршення якості продукції. Тому створення нових і удосконалення наявних вагових пристроїв, призначених для використання у важких умовах виробництва, є актуальним завданням.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тензометричні ваги є найпоширенішими засобами вимірювання маси матеріалів в багатьох технологічних процесах. Особливо важкі умови експлуатації таких ваг у процесах дозування кускових, сипких матеріалів і металевих розплавів у металургійних технологічних процесах [1–4]. Так звані «чисті» тензометричні ваги, в яких сила, яка створена масою вантажу, що зважується, діє безпосередньо на три або чотири

тензометричні датчики, які розміщені під резервуаром (бункером) чи платформою відповідно, поряд з високими метрологічними характеристиками мають порівняно низьку перевантажувальну здатність. Згідно з даними провідних зарубіжних вагобудівних фірм, допустиме статичне перевантаження таких ваг становить 150 %, а пікове перевантаження – 300 % від найбільшої межі зважування (НМЗ), що обмежує їх застосування у деяких металургійних процесах [2]. До цих процесів належать, наприклад, зважування і дозування кускових і, особливо, великокускових шихтових матеріалів, коли діють систематичні або випадкові ударні навантаження на силовимірювальні датчики ваг, які перевищують допустимі пікові перевантаження. Під час дозування сипких матеріалів і металевих розплавів в умовах металургійних виробництв також можливі випадкові ударні збурення та знакозмінні або вібраційні навантаження, що призводить до похибок зважування і дозування.

Існують різноманітні методи і засоби захисту тензометричних ваг від перенавантажень, одним з яких

є застосування механічних обмежувачів (упорів) [5]. Враховуючи, що пружні елементи тензометричних датчиків мають велику жорсткість, їх деформації під час навантаження незначні. Це ускладнює регулювання повітряного зазора між вантажоприймальною платформою і обмежувачами.

Установлено, що найефективнішого підвищення ударостійкості, а отже, і надійності тензометричних ваг можна досягти, створивши гібридні конструкції силовимірвального механізму (СМ), які забезпечують поглинання кінетичної енергії удару до силового входу силовимірвальних датчиків. Однією з таких конструкцій є пружинно-тензометричний СМ, розроблений у Фізико-технологічному інституті металів та сплавів НАН України (ФТІМС), який реалізує спосіб подвійного перетворення сили, створеної масою вантажу, що зважується, на електричний сигнал [6]. Цей спосіб передбачає перетворення сили F , створеної масою m_v вантажу, на лінійне переміщення δ_z центра жорсткості пружно підвішеної вантажоприймальної платформи, перетворення δ_z на силу F_n за допомогою передавального пружного елемента і введення її на силовий вхід силовимірвального датчика, вихідний сигнал котрого пропорційний до m_v вантажу.

Важливою конструктивною особливістю СМ пружинно-тензометричних ваг є використання в ньому одного силовимірвального датчика (замість чотирьох) з набагато меншим, за інших однакових умов, номінальним навантаженням, що помітно зменшує вартість таких ваг порівняно з «чистими» платформними вагами на чотирьох тензометричних датчиках.

3. Формулювання цілей статті. Основною метою цієї роботи є удосконалення конструкції вузла силового введення СМ пружинно-тензометричних платформних ваг заміною силопередавальної пружини на безконтактний магнітний вузол силового введення. Завдання роботи полягає у вивченні ефективності запропонованих нових технічних рішень пружинно-тензометричних ваг порівняно з наявними аналогами фізичним моделюванням процесу вимірвальної маси.

4. Виклад основного матеріалу. Згідно з результатами раніше виконаних експериментальних досліджень і виробничих випробувань пружинно-тензометричних платформних ваг технологічного призначення з вузлом силового введення у вигляді каліброваної пружини стиснення установлено, що засто-

сування силопередавальної пружини або іншого пружного елемента силового введення ускладнює кінематику ваг, призводить до появи додаткового джерела похибок вимірвання маси [6].

З метою спрощення конструкції силопередавального вузла і підвищення службових характеристик у ФТІМС розроблено пружинно-тензометричні платформні ваги [7, 8], в яких платформа установлена на чотирьох пружних елементах подвійного вигину, а вузол силового введення виконано безконтактним на основі постійних магнітів (рис. 1).

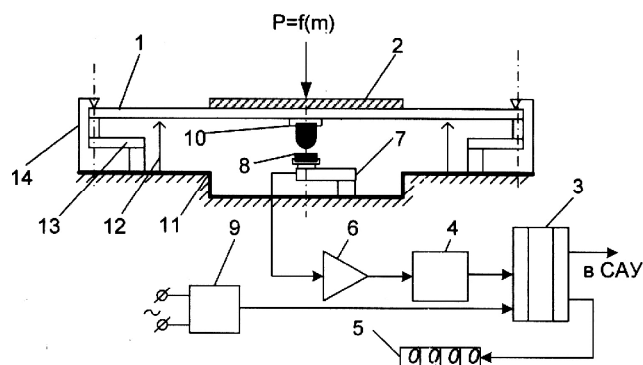


Рис. 1. Пружинно-тензометричні платформні ваги з безконтактним вузлом силового введення на основі стрижневих магнітів, що працюють на відштовхування

Платформа 1 установлена на чотирьох пружних елементах 8 подвійного вигину, закріплених на основі 13. Переміщення платформи 1 у вертикальній площині обмежене нижніми 6 і верхніми 7 механічними упорами. У центрі симетрії платформи 1 розташована гумова накладка 2. У центрі жорсткості платформи 1 закріплено верхній постійний магніт 4 з напівсферичною робочою поверхнею і можливістю його переміщення по вертикальній осі за допомогою спеціального механізму (на схемі не показаний). Нижній постійний магніт 3 із плоскою робочою поверхнею закріплено на силовому вході силовимірвального датчика 5 співвісно з магнітом 4. Датчик 5 закріплено на нерухомій основі 13 з можливістю переміщення у горизонтальній площині за двома координатами при налагоджуванні ваг. Між магнітами 3 і 4, однойменні полюси котрих спрямовані назустріч один одному, встановлюють калібрований повітряний зазор δ_0 , величина якого залежить від магнітних характеристик магнітів 3 і 4 та від діапазону зважування. Вихід датчика 5 через підсилювач 11 сигналу та аналого-цифровий перетворювач 10 під'єднаний до мікропроцесорного блоку 9 вимірвання та індикації маси

на цифровому індикаторі 12. Живлення елементів ваговимірювальної схеми здійснюється від блока 13 живлення, під'єданого до мережі змінного струму напругою 220 В.

Результати експериментальних досліджень, виконаних на фізичній моделі розроблених пружно-тензометричних ваг з безконтактним магнітним вузлом силового виведення (рис. 1) при НМЗ 5000 г показали, що максимальна похибка від нелінійності залежності $\bar{C} = f(m)$ у діапазоні 1 мм не перевищує 0,5 % від НМЗ. В результаті програмної лінеаризації цієї залежності у блоці 9 відносна похибка зважування не перевищувала 0,05 % від НМЗ. Статичну характеристику вагового пристрою з безконтактним вузлом силового виведення наведено на рис. 2, де \bar{C} – середнє значення показань індикатора у поділках.

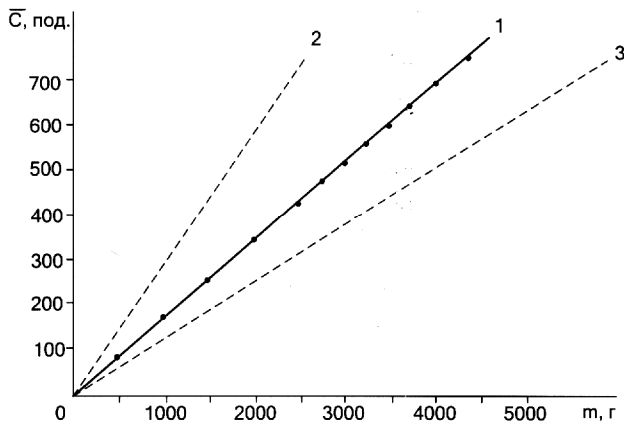


Рис. 2. Залежність $\bar{C} = f(m)$ за безконтактного вузла силового виведення: 1 – для фізичної моделі, що досліджувалась; 2, 3 – верхня і нижня межа діапазону зважування, відповідно

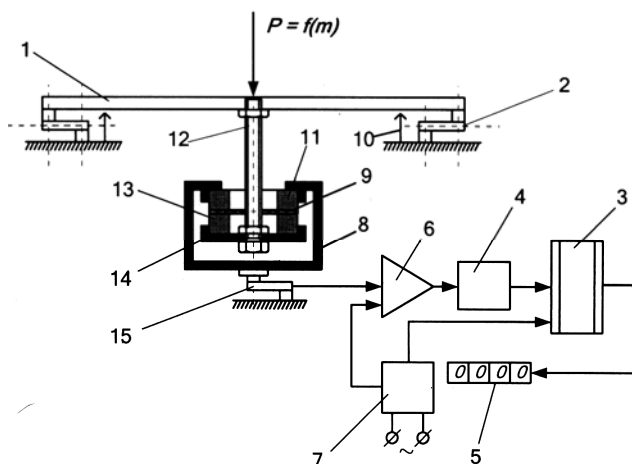


Рис. 3. Пружно-тензометричні платформні ваги з комбінованим вузлом силового виведення

Розроблено ще одну конструкцію пружно-тензометричних платформних ваг з комбінованим вузлом силового виведення (рис. 3), виконаним на постійних кільцевих магнітах, робочі поверхні котрих мають протилежну полярність, тобто притягнуті одна до одної у вихідному стані. Платформа 1 встановлена на чотирьох пружних елементах 2 подвійного вигину, закріплених на нерухомій основі. Переміщення платформи 1 у вертикальній площині обмежене механічними упорами 10. У центрі жорсткості платформи 1 закріплено стрижень 12, з'єднаний з немагнітною підставкою 14, на якій закріплено постійний кільцевий магніт 13. Другий кільцевий магніт 11 закріплений співвісно з магнітом 13 у корпусі 8 з немагнітного матеріалу. Між магнітами 11 і 13 розташована немагнітна прокладка 9, яка необхідна для пом'якшення стикування магнітів в умовах дії вібраційних і ударних збурень. Силовий вхід силовимірювального тензорезисторного датчика 15 з'єднаний з центром симетрії корпусу 8. Електричний вихід датчика 15 через підсилювач 6 і аналого-цифровий перетворювач 4 під'єднаний до мікропроцесорного блоку 3 з цифровим індикатором 5. Живлення вимірювальної схеми здійснюється від блока 7 живлення, під'єданого до мережі змінного струму напругою 220 В.

Платформні ваги працюють так. У вихідному стані магніти 11 і 13 притягнуті один до одного і платформа 1 з'єднана з силовим входом датчика 15, платформа 1 не навантажена, вихідний сигнал датчика 15 дорівнює нулю і на індикаторі 5 також висвітлені нулі в усіх розрядах. Після встановлення вантажу, який необхідно зважити, на платформу 1 пружні елементи 2 стискаються на відповідну величину. В результаті на силовому вході датчика 15 з'являється сила P , пропорційна до маси m вантажу. Вихідний сигнал датчика 15 надходить через блоки 6 і 4 у блок 3 і на індикаторі 5 висвітлюється маса m вантажу. Після зняття вантажу з платформи 1 силовимірювальний механізм ваг повертається у вихідний стан і на індикаторі 5 висвітлюються нулі. Якщо сила $P = f(m)$ перевищує силу F_M стискання між магнітами 11 і 13, між ними виникає повітряний зазор, механічний зв'язок між платформою 1 і датчиком 15 зникає, що забезпечує захист датчика 15 від перевантажень, а отже, підвищує надійність цих ваг.

У результаті досліджень на фізичній моделі пружно-тензометричних ваг з комбінованим вузлом силового виведення встановлено, що залежність $P = f(m)$ лінійна до моменту виникнення повітряного зазору між магнітами 11 і 13. У разі подальшого навантаження

платформи передача сили P на силовий вхід датчика 15 здійснюється через повітряний зазор між магнітами 11 і 13, а залежність $P = f(m)$ змінює знак, тобто у разі збільшення навантаження на платформу 1 показання зменшуються (рис. 4). Отже, запропонований комбінований вузол силовведення розширює можливості ваговимірювальної схеми щодо реалізації різних способів зважування і дозування за рахунок магнітного зв'язку між вантажоприймальною платформою і силовимірювальним датчиком. Експериментально встановлено, що відносна похибка таких ваг не перевищувала 0,05 % від НМЗ, що цілком задовольняє вимоги до технологічних ваг. Крім того, проведено випробування цих ваг в умовах дії ударних, вібраційних і неосьових навантажень (систематичних і випадкових). Установлено, що метрологічні характеристики ваг після таких випробувань залишались незмінними, що свідчить про їх придатність до експлуатації у важких умовах виробництва.

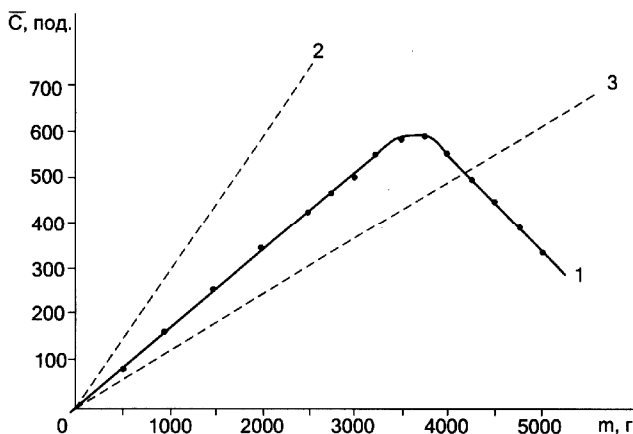


Рис. 4. Залежність $\bar{C} = f(m)$ для комбінованого вузла силовведення: 1 – для фізичної моделі, що досліджується; 2, 3 – верхня і нижня межа діапазону зважування, відповідно

5. Висновки

- Запропоновані нові конструктивні рішення пружно-тензометричних платформних ваг з безконтактним і комбінованим вузлами силовведення на основі постійних магнітів.
- Експериментально встановлено на фізичних моделях цих ваг їх придатність для експлуатації в умовах дії дестабілізуючих факторів.
- Отримані результати експериментів будуть використані для розроблення дослідно-промислових зразків таких ваг.

1. Бауманн Э. Измерение сил электрическими методами. – М.: Мир, 1978. – 381 с. 2. Гроссман Н.Я., Шнырев Г.Д. Автоматизированные системы взвешивания и дозирования. – М.: Машиностроение, 1988. – 296 с. 3. Средства и системы автоматизации литейного производства / К.С. Богдан, В.Н. Горбенко, В.М. Денисенко, Ю.П. Каширин. – М.: Машиностроение, 1981. – 272 с. 4. Кужуй Д.М., Одиночко В.Ф. Автоматизация литейного производства. – Минск: Новое знание, 2008. – 240 с. 5. Богдан К.С. Конструктивные особенности и динамические свойства пружинно-тензометрических дозировочных весов для литейных материалов // Процессы литья. – 2007. – № 4. – С. 71 – 75. 6. Пат. 2026535 RU МКІ^Р G01G 19/00. Устройство для взвешивания / К.С. Богдан, Н.С. Струтинський. – Опубл. 10.01.1995, Бюл. № 1. 7. Пат. 84090 на винахід UA, МПК(2006) G01G 19/00. Пристрій для зважування / К.С. Богдан, А.О. Санкін. – Опубл. 10.09. 2008, Бюл. № 17. 8. Пат. 68192 на корисну модель UA, МПК G01G 19/413. Електромеханічні ваги / К.С. Богдан, А.О. Санкін. – Опубл. 26.03. 2012. – Бюл. № 6.