

ВИМІРЮВАННЯ НАДЛИШКОВОГО ТИСКУ У МЕТАЛУРГІЙНИХ ПРОЦЕСАХ

Запорізька державна інженерна академія

Выполнен анализ измерений избыточного давления в металлургических процессах с использованием разнообразных приборов. Отмечено перспективное использование оптико-волоконных методов и устройств для измерения давления с минимальной погрешностью полученных результатов.

Виконано аналіз вимірювань надлишкового тиску у металургійних процесах з використанням різноманітних приладів. Відмічено перспективне використання оптико-волоконних методів і пристроїв для вимірювання тиску з мінімальною похибкою одержаних результатів.

Вступ. Високоточне вимірювання тиску є важливим у багатьох галузях промисловості, серед яких металургійна промисловість, хімічна, авіаційна й ракетно-космічна техніка, нафтопереробна та атомна енергетика. Однією з вимог, що висувують при цьому до засобів вимірювання тиску, є стійкість до неконтрольованих та агресивних дій навколишнього середовища й електромагнітних перешкод, що приводять до значної похибки під час виконання вимірювань.

Постановка завдання. Метою даної роботи є аналіз існуючих методів вимірювань надлишкового тиску та їх використання у металургійних процесах.

Виконання аналітичних досліджень. У фізиці тиском називають силу, що діє на одиницю поверхні. Тиск може бути визначеним безпосередньо вимірюванням сили, що діє на дану поверхню. На цьому методі вимірювання засновано вантажопоршневі манометри, в яких сила, що діє на поршень з відомою площею, врівноважується гирями. Модифікацією такого манометра є рідинні манометри, де вимірюваний тиск визначають за висотою та питомою вагою стовпа рідини. Рідинні та вантажопоршневі манометри не потребують калібрування на еталонних вимірниках тиску, оскільки їх свідчення можуть бути визначеними шляхом вимірювання лінійного розміру та маси. Під час вимірювання значного тиску як зразкові заходи можуть бути використані точки твердіння або фазового переходу різних речовин [1].

Окрім двох названих прямих методів вимірювання тиску, існує множина непрямих методів, заснованих на використанні різних законів прикладної фізики. Непрямі механічні методи вимірювання тиску засновані на визначенні пружного прогинання відформованих певним чином чутливих елементів під дією контрольованого тиску, а також стисливості газів і рідин. В області вимірювання вибухового тиску мірою досягнутого максимального тиску може слугувати пластична деформація чутливого елемента, а також електричні, оптичні та хімічні явища, що виникають за певним тиском. За недостатньо коректної класифікації часто до групи електричних методів необґрунтовано відносять механічні методи вимірювання тиску з передаванням значення вимірюваної величини у систему відліку індуктивним або ємкісним способом, а також шляхом вимірювання опорів.

Подібно до того, як багато фізичних методів було покладено до основи непрямих методів вимірювання тиску, саме вимірювання тиску, в свою чергу, застосовують для непрямого визначення різних фізичних величин, наприклад температури, витрати,

рівня, щільності та кількості. Як показано на рис. 1, діапазон вимірюваного для наукових і прикладних цілей тиску перевищує вісімнадцять порядків. Зіставлення різних методів показує, що принципово однакові методи вимірювання тиску за різних діапазонів цієї шкали реалізуються за допомогою різних технічних рішень [1].

Манометр Мак-Леода – компресійний манометр для вимірювання низького тиску, було розроблено у 1890 р. Дія приладу заснована на вимірюванні висоти стовпчика газу, стислого ртуттю у капілярі відомого перерізу. Практичне використання приладу є ускладненим через незручність і повільність роботи з ним, а також неможливість серійного виготовлення. Манометри виготовляють і градуують штучно, при цьому для кожного екземпляра варіюється значення постійної приладу. Тому манометр Мак-Леода використовують тільки як еталонний прилад під час градування серійних манометрів і вакуумметрів. Достоїнствами манометра Мак-Леода є абсолютність методу вимірювання, оскільки висота стовпчика стислого газу за інших рівних умов безпосередньо пов'язана з його тиском. Межа шкали приладу обмежується можливістю очищення робочого обсягу від газу (під час його збільшення різко зростає маса використовуваної у приладі ртуті), діаметром капіляра (при надмірно вузькому капілярі відбувається прилипання ртуті до його стінок), можливістю вимірювання стовпчика газу, та у кращих практичних екземплярах складає $133,322 \cdot 10^{-5}$ Па.

Манометр Пірані – конструкція манометра, яку часто реалізують у вигляді схеми, де нитку напруження, з одним або декількома прямолінійними ділянками, поміщено у циліндровий корпус з металу або скла, зовнішня сторона якого знаходиться у контакті з навколишнім газовим середовищем. Оскільки чутливість датчика тим вище, чим довше та тонше нитка напруження, зазвичай використовують нитку малого діаметру (~10 мкм), згорнуту в спіраль, або дуже тонку стрічку, виготовлену з металу, стійкого до окислення, наприклад чистої платини або її сплавів, вольфраму та нікелю. Дріт нагрівають струмом, що протікає через нього, та охолоджують навколишнім газом. Під час зменшення тиску газу, що охолоджує, ефект теж зменшується та рівноважна температура дроту збільшується. Опір дроту є функцією температури: вимірюючи напругу на дроті та струм, що тече через нього, опір (і таким чином тиск газу) може бути визначеним. Цей тип манометра було вперше сконструйовано Марчелло Пірані.

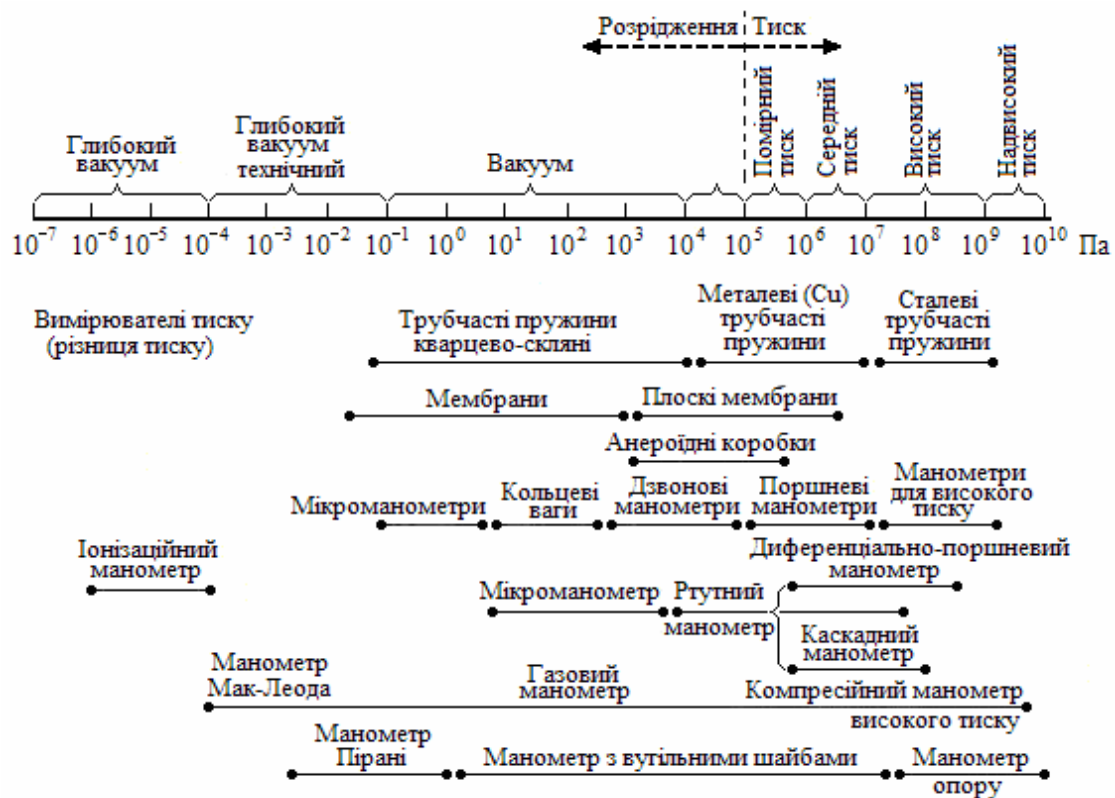


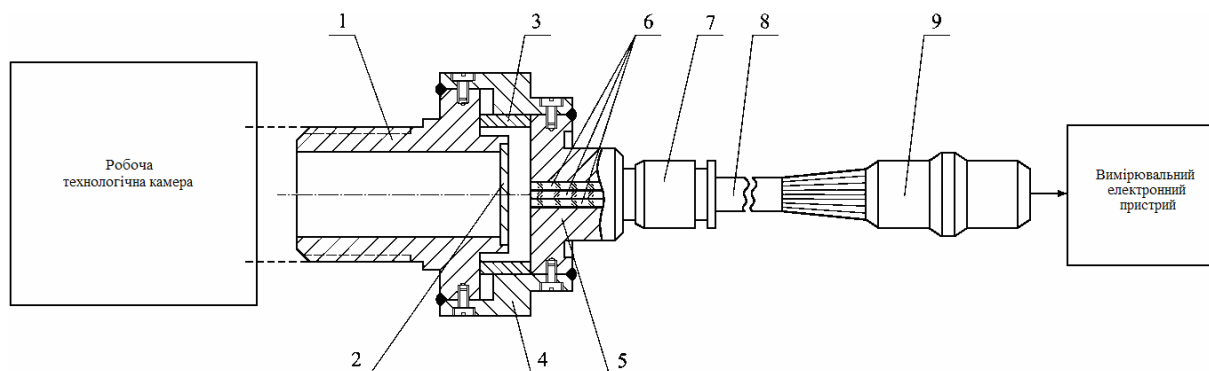
Рисунок 1 – Абсолютна шкала тиску, зіставлена за діапазоном вимірювання манометрів (у кожному рядку наведено однотипні або подібні чутливі елементи)

У більшості випадків вищенаведені прилади (див. рис. 1) забезпечують достатньо надійне вимірювання тиску з погрішністю від 0,2 до 1,0 %. Проте, за наявності у технологічному процесі агресивного середовища або електромагнітного випромінювання, застосування таких приладів приводить до виникнення значної погрішності вимірювання тиску.

Усунення недоліків вище перелічених і вживаних у промисловості приладів вимірювання тиску стає можливим під час реалізації сучасних оптико-електронних методів вимірювання та використанні амплітудно-волоконно-оптичних датчиків тиску. Розроблені в останні роки оптико-електронні методи надлишкових вимірювань, які виконують автоматичне корегування похибок і забезпечують одержання достовірних результатів є найбільш прийнятними для металургійних процесів. Особливо важливим це є для процесів, де використовують тиск пари речовин для утворення заданого стехіометричного складу сполук.

Для більшості випадків вищеназвані параметри (обов'язкові за правилами техніки безпеки) можливо вимірювати манометрами та диференціальними манометрами прямої дії – з перетворенням вимірюваної величини на кут повороту показуючої стрілки. За оснащенням їх диском Грея (спеціальний диск для кодування вимірювального сигналу) з оптоволоконним зніманням інформації значно спрощується подавання сигналу до комп'ютера. Оптична система є іскробезпечною, стійкою до корозії та до високої температури.

Сприйняття та перетворення вимірюваного тиску на потужність потоку оптичного випромінювання здійснюють у пристрої за допомогою волоконно-оптичного датчика тиску рефлексометричного типу [2,3], спрощена конструкція якого подана на рис. 2.



- 1 - штуцер для підключення до робочої технологічної камери; 2 - мембрана з внутрішньою відзеркалювальною поверхнею; 3 - кільцева прокладка; 4 - корпус; 5 - накінецьник; 6 - волоконно-оптичний джгут, що складається з підвідних і відвідних волоконних світлопроводів; 7 - фіксатор; 8 - волоконно-оптичний кабель; 9 - фотоприймач оптичного випромінювання (фотодіод)

Рисунок 2 – Конструкція волоконно-оптичного датчику тиску [2]

Унікальна термостійкість і вибухобезпечність волоконних датчиків є безцінною для безперервного моніторингу, як тиску, так і інших параметрів металургійного процесу, сушильних і нагрівальних установок, різного роду печей. Похибка вимірювання тиску під час використання волоконно-оптичних пристроїв не перевищує 0,1 %. Абсолютна несприйнятливість до дії з боку електромагнітних полів дозволяє використовувати розробку за умов технологічних процесів з могутніми електромагнітними перешкодами, коли застосування інших засобів контролю стає практично неможливим. Інша перевага – можливість стежити за змінюванням параметрів потенційно небезпечного об'єкту на значному видаленні (до декількох кілометрів) від нього.

Висновки. Аналіз вимірювань надлишкового тиску у сучасних металургійних процесах свідчить про необхідність використання приладів, що забезпечують мінімальну похибку вимірювань. Перспективним є використання оптико-волоконних методів і пристроїв для вимірювання тиску. Похибка вимірювання тиску у такому разі не перевищує 0,1 %. Окрім того, такі пристрої є несприйнятливими до дії електромагнітних полів та агресивного середовища.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Измерение неэлектрофизиологических параметров / <http://abitur.bsuir.by/eumk/bsip/page5.htm>.
2. Кондратов В. Т. Оптико-электронный метод избыточных измерений давления: особенности реализации / В. Т. Кондратов, В. В. Редько // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2008. – № 2. – С. 34-38.
3. Кондратов В. Т. Оптико-электронный метод избыточных измерений давления с автоматической коррекцией погрешностей / В. Т. Кондратов, В. В. Редько // Методы, средства и технологии получения и обработки измерительной информации: материалы междунар. научн.-техн. конф. (22–24 октября 2008 г., г. Пенза, Россия): сб. тр. – Пенза: Информационно-издательский центр ПензГУ, 2008. – С. 41-47.

Стаття надійшла до редакції 09.11.2010 р.
Рецензент, проф. В.М. Михайлін