

О.Д. Приступа, О.І. Мороз, Т.Г. Шевченко
Національний університет "Львівська політехніка"

ВИЗНАЧЕННЯ ДІАМЕТРІВ БАНДАЖІВ ОБЕРТОВИХ ПЕЧЕЙ ЕЛЕКТРОННИМИ ТАХЕОМЕТРАМИ

© Приступа О.Д., Мороз О.І., Шевченко Т.Г., 2011

Развитие современной геодезической техники дает возможность осуществлять контроль крупногабаритного оборудования простыми способами и с высокой точностью. Предложен способ измерения диаметров бандажей электронными тахеометрами непосредственно во время контроля вращающихся печей.

The development of modern geodetic techniques made it possible to monitor large-sized equipment and easy methods with high tochnisyu. The method of measuring the diameters of the bands by total station directly during control rotary kilns.

Постановка проблеми. Сьогодні відомо кілька способів вимірювання діаметрів бандажів оптично-механічними засобами та спеціальними пристроями. Всі вони трудомісткі та не забезпечують потрібної точності. Пропонується вимірювати діаметри бандажів електронними тахеометрами, що значно спрощує вимірювання і підвищує їхню точність.

Зв'язок із важливими науковими й практичними завданнями. Раніше діаметри бандажів вимірювали під час монтажу і як вихідні дані їх надавали для контролю обертових печей. Застосування електронних тахеометрів дає можливість вимірювати діаметри бандажів безпосередньо під час контролю положення осі обертання печі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, присвячених вирішенню цієї проблеми. Під час встановлення великогабаритного обладнання діаметри бандажів вимірювали способами, описаними у поширених методиках контролю [1,4] та у методиках офіційних документів [5,6].

Невирішені частини загальної проблеми. Дотепер діаметри бандажів вимірювали під час монтажу спеціальними пристроями та засобами. Застосування електронних тахеометрів дає можливість вимірювати їх безпосередньо під час контролю обертової печі і забезпечити потрібну точність вимірювань.

Постановка завдання. Метою дослідження є розроблення способу вимірювання діаметрів бандажів електронними тахеометрами.

Виклад основного матеріалу. Бандажі – одна із основних деталей обертової печі. Діаметри бандажів сягають 5 – 8 м. Вимірювання їхніх діаметрів з потрібною точністю є складним завданням. Розроблені методики і загальноновживані пристрої для вимірювання діаметрів бандажів є недосконалими.

Складністю виконання завдання є спирання бандажів на опорні ролики, отже, обмеженість доступу до бандажа. Перелічимо відомі сьогодні способи і засоби вимірювання діаметрів бандажів.

1. Вимірювати зовнішні діаметри деталей розміром до 2000 мм можна за допомогою дугових або лінійних скоб. Для вимірювання великих діаметрів застосовувати скоби важко у зв'язку з їхньою великою вагою й розмірами. Підвішування або спирання скоб на вимірювані деталі не завжди можливе, тому для контролю обладнання діаметри більше ніж 1500 мм вимірюють, як правило, оперізуванням рулеткою або мірним дротом [1,4].

2. Метод оперізування забезпечує потрібну точність тільки в тому разі, якщо поле рулетки розміщене в площині, перпендикулярній до осі деталі, а натяг її кінців становить 5–10 кг.

Під час вимірювання діаметрів таких деталей, як бандажі обертових печей, метод оперізування не завжди можна здійснити, тому що оперізуванню заважають опорні ролики. Поверхню бандажу доводиться розбивати на дві дуги й, вимірявши довжину однієї, повертати пічку на деякий кут для вимірювання іншої дуги.

На точність методу оперізування впливають неоднакові температурні умови під час контролю печі [4].

3. Для вимірювання діаметрів бандажів і опорних роликів обертової печі можна використовувати метод обкатування їх мірним роликом, який дає змогу вимірювати під час роботи печі й одержати розміри, що відповідають робочому стану деталей. Ролик вводиться в контакт із поверхнею деталі й обертається разом з нею. Цей метод простий, проте його недоліком є те, що зручні механізми та пристрої для нього ще не розроблені.

4. У Львівській політехніці був розроблений пристрій ВВД-5 – вимірювач великих діаметрів. В основі цих пристроїв є імпульсна система вимірювань. Схема вимірювання цим пристроєм доволі складна, виконується обкатування двома мірними роликами [1]. Ціна одного імпульсу 0.1 мм, саме цю точність відлічування величини діаметра забезпечує пристрій ВВД-5. Недоліком вимірювання цим пристроєм є те, що ним проводяться вимірювання гарячих деталей, а контроль – холодних [1].

5. Для вимірювання діаметрів застосовують непрямий метод вимірювань за допомогою пристроїв, що накладаються на деталі – “вершники”. Під час вимірювання пристрій встановлюють на номінальний розмір вимірюваного діаметра. Відхилення розмірів від номінальних значень дають відхилення стрілки мініметра. Із залежностей трикутника знаходять відхилення вимірюваного діаметра від номінального значення.

Є багато різних конструкцій “вершників”, однак застосовувати їх в умовах експлуатації промислового обладнання доволі складно й трудомістко, а головне – їхнє використання не забезпечує необхідної точності вимірювань.

6. Відомі геодезичні методи вимірювання діаметрів бандажів обертових печей за допомогою рухомого зворотного центрира, двох інварних або сталевих рулеток, лінійки, теодолітної бакси, що кріпиться на штативах [4].

Базисом слугує сталева рулетка, яку закріплюють на рівні опорних роликів. За допомогою рухомого зворотного центрира вимірюють відстані від поверхні бандажу до двох точок, положення яких відомо відносно базової рулетки. Виміряні величини з врахуванням поправок за температуру дають можливість визначити діаметр бандажу.

Наведений спосіб вимірювання діаметрів бандажів можна розглядати як один з можливих, однак через низьку точність, зумовлену деформаціями й биттям бандажу, рекомендувати його для використання на підприємствах недоцільно.

7. Для вимірювання великих діаметрів за допомогою точних теодолітів [4] в умовах цеху можна рекомендувати метод цехової тріангуляції.

Теодоліт встановлюють на деякій відстані від деталі, що вимірюють. Радіус деталі – це катет прямокутного трикутника, гіпотенуза якого відома – відстань від теодоліта до центра деталі. Вона може бути визначена попередньо встановленням лінійки відомої довжини. Величину діаметра обчислюють згідно з формулами розв’язування прямокутного трикутника.

Отже, перелічені методики вимірювання діаметрів бандажів мають вагомі недоліки (трудомісткість, габаритні розміри пристроїв, погано налагоджена методика власне вимірювань тощо) і жодна з них не забезпечує потрібної точності вимірювань [1,4].

Розроблений новий спосіб вимірювання діаметрів бандажів електронними тахеометрами. Всі виміри зведені до вимірювання віддалей та прямокутних координат. Закріплюють вздовж печі два створи з лівого та правого її боків відповідно. Вимірюють горизонтальні проекції віддалей від створу, в якому встановлений електронний тахеометр, до кінців горизонтальних діаметрів серединних поперечних перерізів бандажів. Визначають прямокутні координати по осі ординат з лівого і правого боків бандажів і, враховуючи довжину створу, обчислюють діаметр бандажу в будь-якому поперечному перерізі [2,7] (див. рисунок).

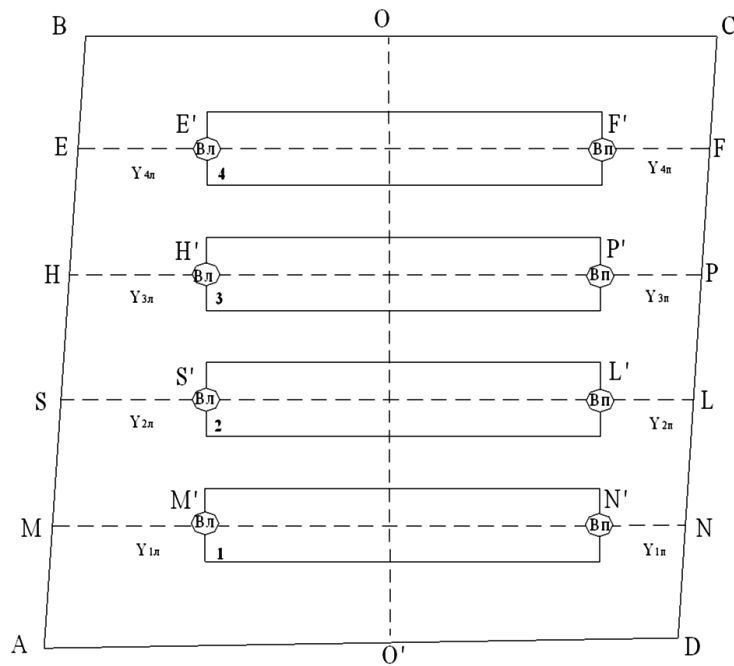


Схема вимірювання діаметрів бандажів електронними тахеометрами

На рисунку наведено схему способу визначення діаметрів бандажів електронним тахеометром. Номери бандажів зростають у напрямку руху випалюваного матеріалу у печі. Розроблений спосіб визначення діаметрів бандажів здійснюють так. Вдовж обертової печі, з кожного її боку закріплюють створи, які паралельні між собою, вимірюють віддаль між ними. У цьому випадку на рисунку $AD=BC$.

Проекцію створу позначають на опорах навпроти серединних перерізів бандажів і за крайніми бандажами у напрямку до кінців печі. Для цього над проекцією одного із поздовжніх створів, наприклад, CD на одній з крайніх опор за бандажем, наприклад, 4 у напрямку до кінця печі встановлюють електронний тахеометр так, щоб уздовж печі була пряма видимість, тахеометр встановлюють, наприклад, в точці C . Створ AB з іншого боку печі будують аналогічно створу CD , але точку B не вибирають довільно, як точку C . Точка B є точкою перетину створу, побудованого тахеометром, встановленим в точці C , перпендикулярно до планової проекції осі обертання печі OO' , з проекцією створу AB . Створ BC , наприклад, будують паралельно до краю фундаментної рами. Вимірюють віддаль між поздовжніми створами, наприклад, BC .

Над проекцією такого самого поздовжнього створу, наприклад, CD на іншій крайній опорі печі за бандажем 1 у напрямку до кінця печі встановлюють електронний тахеометр, наприклад, в точці D . Вимірюють віддаль між поздовжніми створами, наприклад, DA , так само як вимірювали горизонтальну проекцію BC .

Головною умовою цієї методики є рівність планових проекцій віддалей AD і BC . Отже, утворюється паралелограм, в якому, звичайно, $AD=BC$.

Встановлюють тахеометр над точками перетину проекцій поздовжніх створів з площинами серединних поперечних перерізів бандажів з обох боків печі, а саме над точками N, L, P, F – з правого боку печі, M, S, H, E – відповідно з лівого боку печі.

Точки N', M' є кінцями горизонтального діаметра бандажа 1 у його серединному поперечному перерізі, точки L', S' відповідно другого бандажа; точки P', H' відповідно третього бандажа; F', E' четвертого бандажа відповідно. Щоб виміряти горизонтальні проекції віддалей від створів до кінців горизонтальних діаметрів бандажів у їхніх серединних поперечних перерізах, наприклад, для бандажа 4 FF' та EE' у серединному поперечному перерізі бандажа 4 по його поверхні спускають висок. Нитка виска стає дотичною до поверхні бандажа у точках кінців горизонтального діаметра бандажа. У точці дотику, у нашому випадку з правого боку печі в точці F' , встановлюють відбивач B_n , а в точці F встановлюють тахеометр і відлічують координату Y_{4n} , тобто вимірюють горизонтальну проекцію віддалі FF' .

Можна поміряти діаметр бандажа у будь-якому його поперечному перерізі.

Потім встановлюють тахеометр в точці Е в створі з лівого боку печі і як віддалі від поверхні бандажа до створу (B_L – відбивач з лівого боку печі), вимірюють так само горизонтальну проекцію віддалі EE' або відлічують координату $Y_{4л}$.

Точки N' та M' є кінцями горизонтального діаметра іншого крайнього бандажа 1 у його серединному поперечному перерізі. Щоб виміряти горизонтальні проекції віддалей від поздовжніх створів до кінців горизонтального діаметра у серединному поперечному перерізі бандажа 1 NN' і MM' або відлічити координати $Y_{1п}$ і $Y_{1л}$ з правого та лівого боків печі, встановлюють тахеометр над точками N і M відповідно. Всю послідовність вимірювань виконують для бандажів 2 і 3.

Визначають діаметри бандажів D_1, D_2, D_3, D_4 відповідно (див. рисунок), враховуючи, що $BC=AD$:

$$D_4 = BC - FF' - EE' - 2\Delta = BC - Y_{4п} - Y_{4л} - 2\Delta, \quad (1)$$

$$D_3 = BC - PP' - HH' - 2\Delta = BC - Y_{3п} - Y_{3л} - 2\Delta, \quad (2)$$

$$D_2 = BC - LL' - SS' - 2\Delta = BC - Y_{2п} - Y_{2л} - 2\Delta, \quad (3)$$

$$D_1 = AD - NN' - MM' - 2\Delta = AD - Y_{1п} - Y_{1л} - 2\Delta, \quad (4)$$

де Δ – віддаль від площини відбивання променя до торця відбивача.

На точність визначення діаметра бандажа впливають такі похибки [3]:

– похибка фіксації створу ($m_{ф.ст.}$);

– похибка відлічування електронним тахеометром (m_T);

Отже, похибка m_B визначення діаметра бандажа дорівнює

$$m_B = \sqrt{m_{ф.ст.}^2 + m_T^2}. \quad (5)$$

Для прикладу, вимірювання виконувались тахеометром $TC 1200+$ фірми, тоді $m_{ф.ст.пр} = 1$ мм, отже, для визначення діаметра бандажа $m_{ф.ст} = 1\sqrt{2}$ мм = 1,4 мм

$$m_{Tпр} = 0,5 \text{ мм.}$$

Для визначення діаметра бандажа похибка відлічування електронним тахеометром становитиме

$$m_T = m_{Tпр} \cdot \sqrt{2} = 0,5\sqrt{2} = 0,7 \text{ мм.} \quad (6)$$

Отже, похибка визначення діаметра бандажа m_B :

$$m_B = \sqrt{1,4^2 + 0,7^2} = 1,6 \text{ мм.}$$

Якщо ж вимірювати електронним тахеометром $TDM5005$ фірми *Leica*, який дає можливість поміряти віддаль з точністю 0,2 мм, то, відповідно, похибка визначення діаметра бандажа зменшиться:

$$m_{ф.ст} = 1\sqrt{2} = 1,4 \text{ мм,}$$

$$m_T = m_{Tпр} \sqrt{2} = 0,2\sqrt{2} = 0,3 \text{ мм,}$$

$$m_B = \sqrt{1,4^2 + 0,3^2} = 1,4 \text{ мм.}$$

Висновки. Розглянувши наявні методики вимірювання діаметрів бандажів, можна зробити висновки, що всі вони мають вагомні недоліки (трудомісткість, великі габарити пристроїв, погано налагоджена методика власне вимірювань тощо) і жодна з них не забезпечує потрібної для виробництва точності вимірювань, більше того, оцінювання точності взагалі не розраховано для цих методик.

Запропонований спосіб вимірювання діаметрів бандажів електронними тахеометрами реалізують лише встановленням електронного тахеометра і відбивача у кількох точках, взяття відліків (горизонтальних проекцій віддалей) і відразу можна обчислити діаметри бандажів, що сягають 5–7 м. Досі в інженерній геодезії вимірювання таких великих діаметрів деталей було пов'язано з великими труднощами.

1. Асташенков Г.Г. Геодезические работы при эксплуатации крупногабаритного промышленного оборудования. – М.: Недра, 1986. – С. 151. 2. Кубрак О.Д. Застосування створних вимірювань для визначення відхилень від прямолінійності осі обертання обертової печі / Кубрак О.Д., Шевченко Т.Г. // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. Зб.наук.праць.Вип.1(15). – Львів. – 2008. – с.175 – 179. 3. Левчук Г.П. Прикладная геодезия. Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ / Левчук Г.П., Новак В.Е., Конусов В.Г. – М.: Недра, 1981. – с.438. 4. Микольський Ю.Н. Выверка и центровка промышленного оборудования. / Микольський Ю.Н., Кравченко В.М. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – К.: Будівельник, 1979. – с.188. 5. Руководство по выверке технологического оборудования металлургической промышленности. / [Шевченко Т.Г., Хропот С.Г., Пивоваров В.П. и др.]. Под ред. Шевченко Т.Г. – М.: Министерство металлургии СССР, 1991. – с.214. 6. Руководство по геодезическому обеспечению монтажа и эксплуатации технологического оборудования цементной промышленности. Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. – М.: Недра, 1983. – с.112. 7. Шевченко Т.Г. Визначення відхилення від прямолінійності планової проекції осі обертання обертової печі електронними тахеометрами. / Шевченко Т.Г., Мороз О.І., Смірнова О., Кубрак О. // Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землепорядкування. Зб.наук.праць. – Чернігів. – 2007. – №3. – с.24–27.

Надійшла 01.04.2011 р.