

УДК 621.753

Ю.В. Петраков, І.Д. Білокур
ВИЗНАЧЕННЯ ВІДХИЛЕННЯ ВІД КРУГЛОСТІ ОПРАВКИ СТАНУ ХОЛОДНОЇ
ПРОКАТКИ ТРУБ

Викладена методика розрахунку відхилення форми деталі від круглості, яка повністю відповідає прийнятому визначенню за міждержавним стандартом. Розроблена прикладна програма, що автоматично визначає відхилення від круглості за файлом биття деталі, що утворюється під час вимірювань складної поверхні оправки стану холодної прокатки труб на шліфувальному верстаті з ЧПК.

Ключові слова: відхилення від круглості, оправка стану холодної прокатки труб, шліфування, верстат з ЧПК
 Форм. 5. Рис. 6. Літ. 4.

Ю.В. Петраков, И.Д. Билокур
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТКЛОНЕНИЯ ОТ КРУГЛОСТИ ОПРАВКИ СТАНА ХОЛОДНОЙ
ПРОКАТКИ ТРУБ

Изложена методика расчета отклонения формы детали от круглости, которая полностью соответствует принятому в межгосударственном стандарте определению. Разработана прикладная программа, которая автоматически рассчитывает отклонение от круглости по файлу биения детали, полученному во время измерений сложной поверхности оправки стана холодной прокатки труб на шлифовальном станке с ЧПУ.

Ключевые слова: отклонение от круглости, оправка стана холодной прокатки труб, шлифование, станок с ЧПУ

Y. Petrakov, I. Bilokur
DETERMINATION OF DEVIATION FROM ROUNDNESS OF MOUNTING FOR COLD
ROLLING OF PIPES

The method of calculation of shape rejection of detail is expounded from a roundness which fully corresponds the definition accepted in an intergovernmental standard. The application program, which automatically expects deviation from a roundness on the file of beating of detail, to got during measuring of complex surface of mounting of figure of the cold rolling of pipes on a grinding machine-tool with CNC, is developed.

Keywords: deviation from a roundness, mounting of figure of the cold rolling of pipes, grinding, machine-tool with CNC

Постановка задачі. До робочої поверхні оправки стану холодної прокатки труб (ХПТ) висуваються високі вимоги не тільки за певними розмірами, а й за формою обробленої поверхні, а саме, відхиленням від круглості. Відхилення від круглості за [1] визначається як найбільша відстань від точок реального профілю до описаного кола. Практика показує, що відхилення від круглості деталей, в різних країнах визначають по-різному, але всюди йдеться про найбільше відхилення від ідеальної форми кола – описаного, вписаного, середнього тощо. При цьому, в залежності від методу, результати відрізняються в межах 10% [2, 3].

Оправки станів ХПТ виготовляються зі спеціальної сталі (Сталь 60С2ХФА, твердість HRC 54..58, Сталь S 690 BOHLER, твердість HRC 58..64), а робоча поверхня обробляється шліфуванням на спеціальному круглошліфувальному верстаті з ЧПК моделі 3М152Ф3. Вимірювання обробленої деталі 1 відбувається безпосередньо на верстаті при встановленні її у центрах вимірювальним щупом 2 фірми Heidenhain за спеціальною програмою, коли деталь 1 повертається на певний кут за координатою С і дані від датчика 2 попадають у стійку ЧПК верстата (рис.1,а).

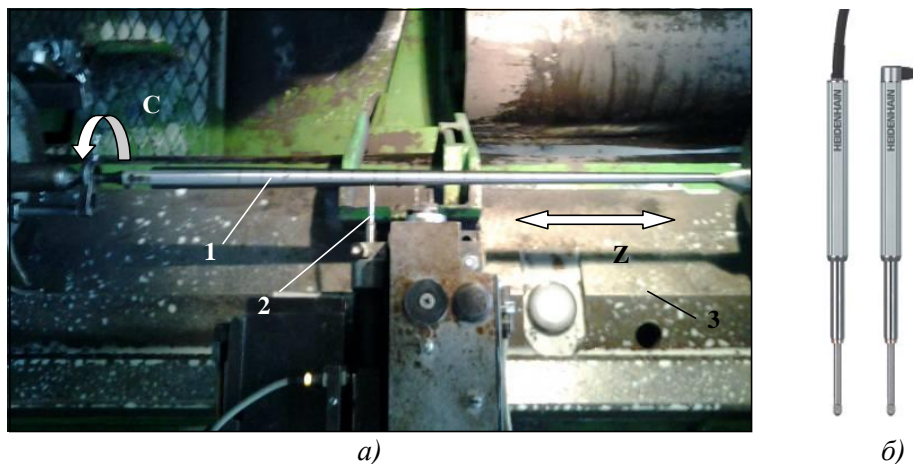


Рис. 1. Вимірювання оправки на верстаті з ЧПК (а),
вимірювальний щуп фірми Heidenhain (б)

© Ю.В. Петраков, І.Д. Білокур

Для вимірювань у наступному перерізі стіл 3 верстата переміщується за координатою **Z** і цикл вимірювань повторюється. Щуп (рис.1,б) має ножеподібний накінцівник і забезпечує точність вимірювань $\pm 1\text{мкм}$ [4]. Таким чином, для кожного поперечного перерізу деталі в стійці ЧПК створюється масив даних, що визначатиме биття фактичної поверхні відносно лінії центрів.

Для оцінки відхилення від круглості необхідно розробити спеціальну програму, яка за даними вимірів биття визначатиме некруглість в кожному перерізі деталі.

Вирішення задачі. Для розрахунку відхилення від круглості за отриманими даними необхідно визначити центр описаного кола і його радіус, а потім знайти максимальну величину відхилення форми поверхні від такого кола.

Масив даних биття поперечного перерізу визначає фактичну форму, виміряну в системі координат верстату, яка позначена лінією 1 на рис.2.

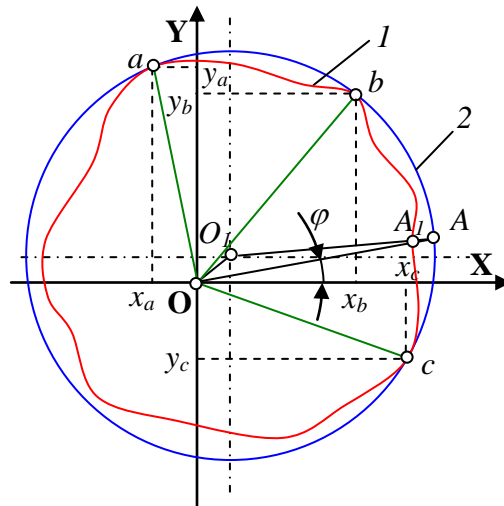


Рис. 2. Схема до визначення відхилення від круглості

За визначенням, описане коло проводиться через точки, що відповідають трьом максимальним величинам биття – точки *a, b, c* на рис.2. Для визначення координат x_o, y_o центру і радіуса r_o описаного кола в Декартовій системі координат **YOX** можна скористатися наступними залежностями:

$$y_o = \frac{x_a x_b^2 - x_a^2 x_b + x_a y_b^2 + x_c x_a^2 + y_a^2 x_c - x_c x_b^2 - x_c y_b^2 - x_b y_a^2 - x_c^2 x_a + x_c^2 x_b - y_c^2 x_a + y_c^2 x_b}{2(y_b x_c - y_a x_c - y_b x_a + y_a x_b + y_c x_a - y_c x_b)}, \quad (1)$$

$$x_o = \frac{x_a^2 + y_a^2 - x_b^2 - y_b^2 - 2y_a y_o + 2y_b y_o}{2x_a - 2x_b}, \quad (2)$$

$$r_o = \sqrt{(x_a - x_o)^2 + (y_a - y_o)^2}, \quad (3)$$

де $x_a, y_a, x_b, y_b, x_c, y_c$ – Декартові координати точок реального профілю, що відповідають максимальним величинам биття.

На схемі за рис.2 центр описаного кола розташований у точці O_1 , що визначається у полярній системі координат, де і відбувалося вимірювання биття, радіусом $R=OO_1$ і кутом $\alpha = \angle O_1OX$. Такі координати розраховуються за геометричними співвідношеннями схеми рис.2:

$$R = \sqrt{x_o^2 + y_o^2}, \quad \alpha = \arctan\left(\frac{y_o}{x_o}\right) \quad (4)$$

Для визначення відхилення від круглості достатньо знайти рівняння описаного кола в полярній системі координат з полюсом O , який співпадає з лінією центрів і відносно якого вимірюється биття OA_1 , а потім порівняти з радіус-вектором OA кола за полярною координатою φ_i , що змінюється з кроком вимірювань биття. Таким чином, з геометричних співвідношень схеми за рис.2 отримується масив величин відхилення від круглості:

$$\delta_i = r_o - \sqrt{R_2 + Y_i^2 - 2RY_i \cos \beta_i} \quad (5)$$

де Y_i – масив биття реальної поверхні, β_i – кут O_1OA у трикутнику на схемі.

Після таких розрахунків отримується масив величин (розмірність масиву n – кількість вимірювань в одному перерізі, i змінюється від 1 до n) відхилення від круглості і за [1] остаточно відхилення визначається як максимальна величина цього масиву. Розроблена математична модель була покладена в основу прикладної програми визначення відхилення від круглості, алгоритм якої представлений на рис. 3.

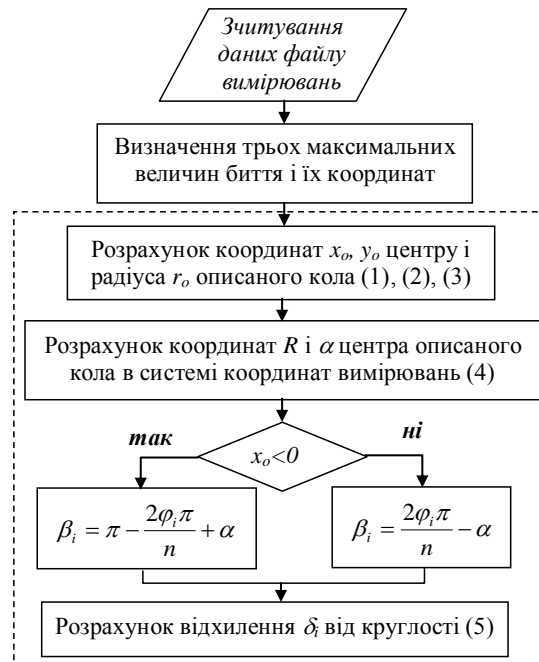


Рис. 3. Блок-схема алгоритму розрахунку відхилення від круглості

За представленим алгоритмом була розроблена прикладна програма, інтерфейс якої показаний на рис.4,а. Для завантаження файлу даних вимірювань биття, що був записаний на стійку верстата з ЧПК, необхідно натиснути на кнопку 1 і виконати маніпуляції в режимі діалогу. В графічному вікні інтерфейсу з'являється зображення круглограм, а у вікні 2 – розраховане значення відхилення від круглості. Вікно 3 призначене для вибору перетину, що аналізується. Графічне вікно побудоване таким чином, що надається можливість збільшити зображення будь-якої ділянки круглограми: на рис.4,б показана збільшена ділянка де лінія 4 – описане коло, лінія 5 – фактичні дані за масивом биття, що виміряне з певним кроком на верстаті.

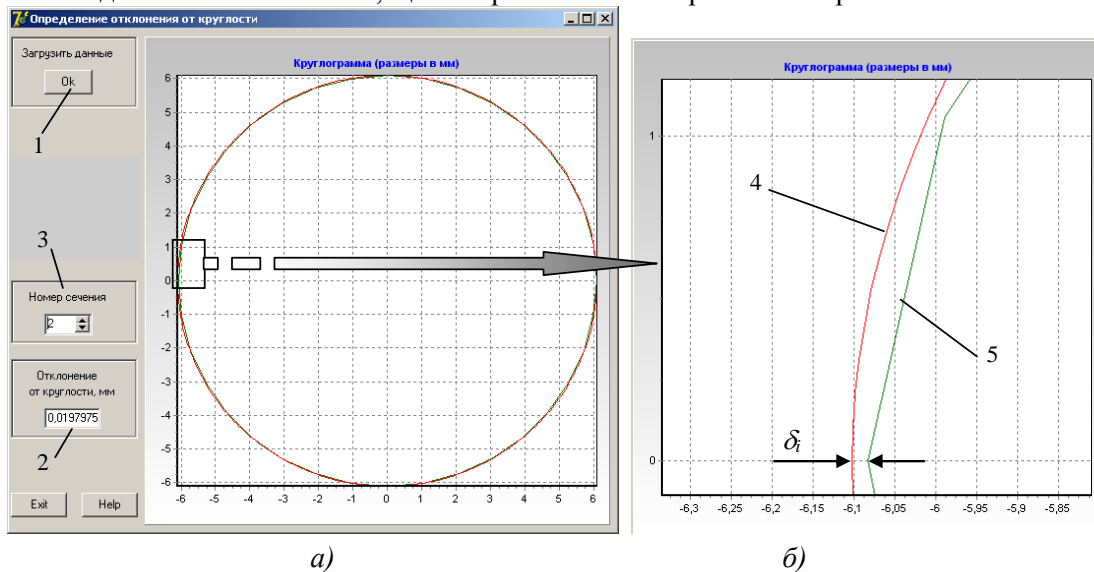


Рис. 4. Інтерфейс прикладної програми (а) і збільшена ділянка круглограми (б)

Під час апробації розробленої прикладної програми для оцінки відхилення від круглості оправки ХПТ 6-20 було виявлено, що на деяких перерізах величина відхилення визначається помилково (переріз 7 на рис.5,а). Аналіз результатів і графічного зображення показали, що

описане коло (лінія 1), яке визначається за розробленим алгоритмом, в таких випадках не є описаним навколо реально виміряного профілю (лінія 2).

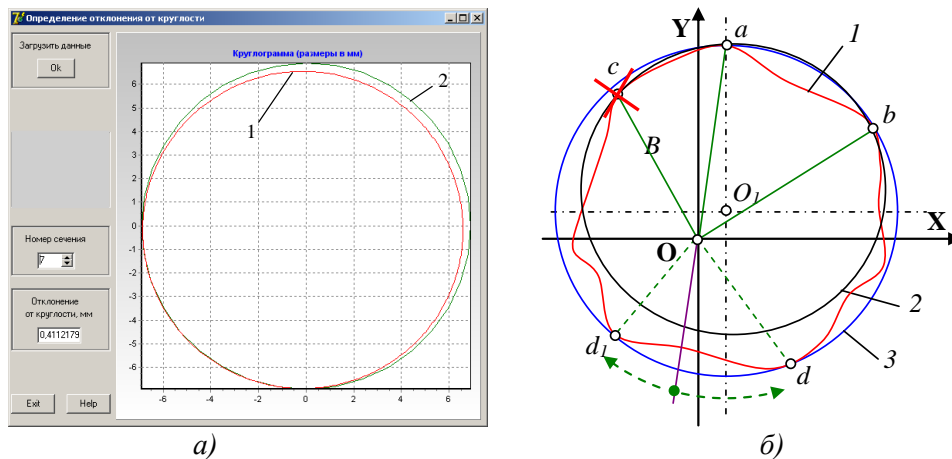


Рис. 5. Інтерфейс прикладної програми (а) і схема удосконаленого методу визначення (б)

Для вирішення проблеми, що виникла, була розглянута схема, що показана на рис.5,б. Якщо точки a , b і c , що відповідають максимальним величинам виміряного масиву биття (лінія 1), визначають коло (лінія 2), то в розрахованому масиві величин відхилення від круглості обов'язково з'являються негативні значення відхилень. Як показує практика, такі випадки трапляються при наявності на поверхні, що вимірюється, дефектів форми у вигляді хвилястості або огранювання. Грунтуючись на виявленій ознаці, первинний алгоритм було перероблено (рис.6,а) таким чином, щоб точка з мінімальним биттям серед трьох виявлених замінювалась на точку, що знаходиться на протилежному боці від точки з максимальним биттям. Тобто, точка c на рис.6,б автоматично замінюється на точку d або d_1 , а описане коло займає положення –лінія 3.

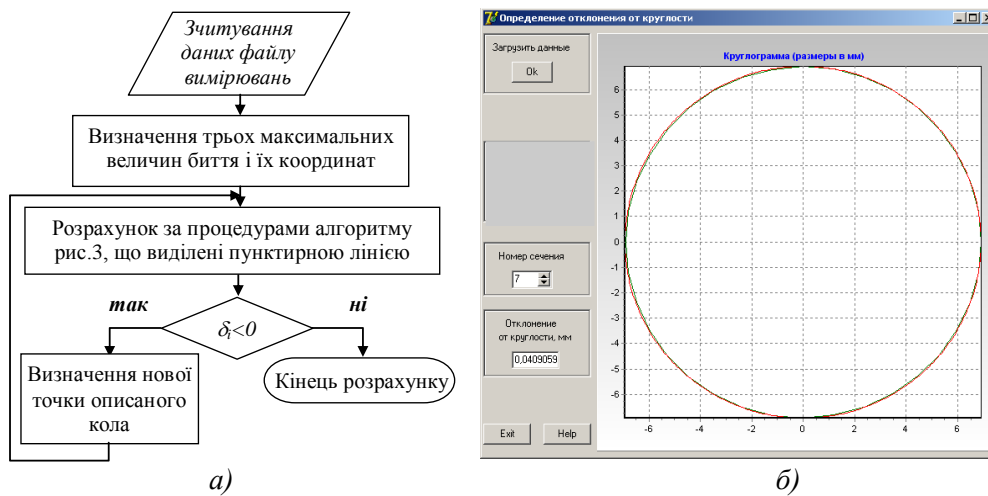


Рис. 6. Удосконалений алгоритм (а) і інтерфейс удосконаленої прикладної програми (б)

Висновок. Практична апробація удосконаленої програми (рис.6,б – порівняйте з рис.5,а) довела її здатність цілком адекватно визначати відхилення від круглості. Розроблена прикладна програма має універсальний характер і може бути рекомендована для оцінки похибки форми будь-яких круглих деталей.

1. Межгосударственный стандарт. Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. ГОСТ 24642-81. с.118-162.
2. Захаров О.В. Минимизация погрешности формообразования при бесцентровой абразивной обработке // СГТУ, Саратов, 2006.-152с.
3. Методика измерения погрешностей формы поверхностей // www.bru.mogilev.by/students.
4. Инкрементальные измерительные щупы фирмы HEIDENHAIN // www.heidenhain.de.

Стаття надійшла до редакції 27.04.2013.