

ОБРОБЛЕННЯ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ВАЛІВ У МАШИНОБУДУВАННІ

В машинобудуванні обробка валів, маса яких може досягати кількох тонн, вимагає спеціалізоване обладнання та технологію, як правило, орієнтовану на дрібносерійне або одиничне виробництво.

Найбільш відповідальним і трудомістким етапом виготовлення валів цього типу є налагодження на операцію механічного оброблення, а саме встановлення лінії центрів, що безпосередньо пов'язані з мінімальним припуском на заготовку валу.

Відходять у минуле, коли застосовуються для цієї мети розмітки, косинці, струни та індикатори годинного типу, хоча останні мають переваги – роботи виконуються при встановленні на верстаті заготовки.

В даний час найбільш перспективна технологія точного базування заготовки в центрах верстата – лазерна, за допомогою якої досягається на етапі налагодження на операцію (рис. 1) узгодження координатних систем верстата (СКВ - $X_{BT} Z_{BT}$), інструменту (СКІ - $X_I Z_I$) та деталі (СКД - $X_D Z_D$). При цьому формування поверхні деталі розглядається через взаємодію цих координатних систем – в останній власне і виконується контроль геометричних параметрів деталі.

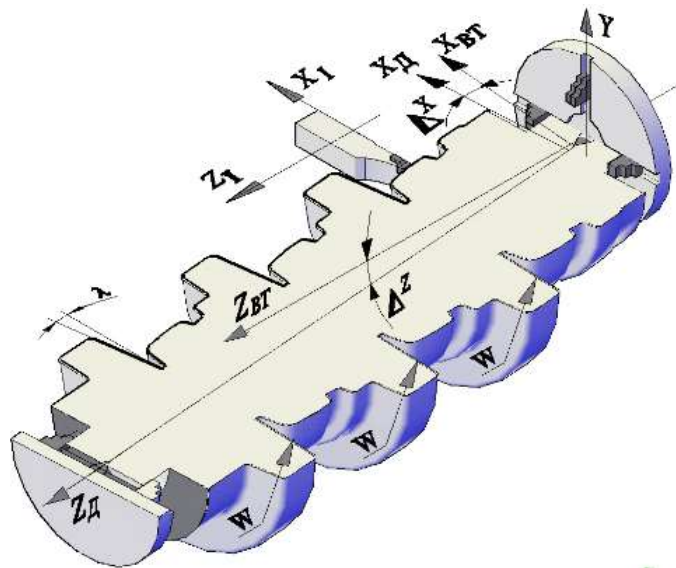


Рис. 1. Базування валка у центрах на вальцетокарному верстаті з ЧПК. Кутів відхилення Δ^X і Δ^Z осі деталі Z_D від осі шпинделя Z_{BT} у вертикальній та горизонтальній площинах

Слід зазначити, що налагодження верстата на операцію є основою для всього ланцюга формування поверхонь деталі. Разом з тим теоретично, установка валу при токарній обробці по центрових отворах дозволяє поєднати вісь деталі з віссю шпинделя, тобто звести до нуля похибки форми від розбіжності координатних осей Z деталі (СКД) і верстата (СКВ). Однак досягти такого поєднання, особливо при обробці великогабаритних валків практично неможливо через ряд причин:

- відхилення від співвісності центрових гнізд та кромкового торкання центрів із центровими отворами призводить до того, що при закріпленні валу осьова сила заднього центру зсуває заготовку в поперечному напрямку що до осі шпинделя. Наприклад: при відхиленні від співвісності центрових отворів в 0.1 мм і довжини твірної гнізда 5 мм, зсув може досягнути 0.05 мм;
- похибка кутів центрових отворів та конуса центрів;
- нормоване усунення осі шпинделя (осі $Z_{ст}$ верстата) щодо осі заднього центру.

Також встановлено, що при затиску пінолі заднього центру верстата, його зміщення в горизонтальній та вертикальній площинах, виміряне індикаторами, закріпленими на корпусі задньої бабки, може складати 0.004-0.008 мм.

Усі перелічені вище причини активізують свій вплив на точність базування деталі під дією значної сили тяжіння в процесі стропління валків і осьового зусилля гідрозатиску заднього центру.

При токарній обробці на верстатах з УЧПУ програмні переміщення супорта відпрацьовуються приводами подачі у координатній системі верстата, де площина $X_{BT} Z_{BT}$ визначається векторами поздовжнього та поперечного переміщень супорта, при цьому вісь Z_{BT} збігається з віссю шпинделя. Однак внаслідок збурювальних впливів, що супроводжують процес різання можуть виникнути похибки початкового базування

від різних факторів, таких як зазори в кінематичних парах, демпфування з плином часу властивості гідрозатиску заднього центру і таке інше.

У цьому випадку можуть з'явитися кутові відхилення від співвісності осі верстата та осі валу високої жорсткості у двох площинах: горизонтальній Δ^X та вертикальній Δ^Z відповідно.

Обчислювальні можливості і обсяг пам'яті сучасних CNC систем управління верстатами дає можливість побудову керуючих програм для верстатів з ЧПК на основі параметричних модулів, для яких фактичні значення формальних параметрів змінюється у динамічному режимі в залежності від стану системи на даному інтервалі траєкторії переміщення.

В даному випадку в основу вивчення процесу, що підлягає моделюванню покладено можлива поява статичної похибки, пов'язаної з точністю базування валка рейкового прокату в центрах (рис. 1).

Якщо розглядати ідеальні умови процесу, коли вісь верстата Z_{BT} – вісь шпинделя і вісь деталі Z_D мають співвісність, то інструмент при обертанні заготовки формує циліндричні, конічні, тороїдальні або сферичні поверхні. Однак в даному випадку розглядається реальна поверхня деталі, що отримана шляхом обертання твірних поверхонь, заданих в $X_D Z_D$ навколо осі Z_{BT} , поверненої на кути статичної похибки Δ^X і Δ^Z .

Формоутворення поверхонь валу відбувається вершиною різця, що переміщується за еквідистентой програмної траєкторії на відстані вектору вильоту інструменту. Тоді математична модель, що відображає з достатньою точністю механізм утворення похибок поверхонь, отриманих точінням можна представити рівняннями в СКД, виду:

– при лінійній інтерполяції:

$$\left[\frac{kX}{kZ} [Z - X_0 + L_x(\Delta^X)] \right]^2 + \left[\frac{kX}{kZ} [X - Z_0 + L_z(\Delta^Z)] \right]^2 - (X^2 + Z^2) = 0$$

– при круговій інтерполяції:

$$M_x^2 X^2 + M_z^2 Z^2 + M_x \cdot X - M_z \cdot Z + (Z_c + L_x(\Delta^X))^2 + (X_c + L_z(\Delta^Z))^2 - r^2 = 0,$$

де X, Z – поточні координати;

X_0, Z_0 – координати початкової точки твірної;

Z_c, X_c – координати центру дуги твірної; r – радіус дуги;

Δ^X, Δ^Z – кутові похибки осевих напрямків статичної налагодження;

$kX, kZ, M_x^2, M_{xy}, M_x, M_z$ – коефіцієнти та матриці, що враховують віджимання різця від виробу по нормалі до поверхні оброблення, залежно від контактної податливості та координат точки докладання горизонтальної складової зусилля різання.

На початковому етапі проведення робіт було зроблено аналіз геометричної точності валків за допомогою точкових діаграм даних вимірювання відхилення кута нахилу λ підшоши формоутворюючого струмка валка W, кожного з трьох рейкових калібрів.

Графічно - аналітичні дані діаграм показали, що на всіх трьох струмках валка процес формоутворення нестійкий, центри налагодження та розсіювання розмірів мають значні коливання, котрі виходять за межі поля допуску.

Аналіз геометрії валка за допомогою створеної моделі дозволив виділити домінуючі фактори, що впливають на точність поверхонь валка і провести ряд робіт, спрямованих на зниження похибки оброблення.

Запропонована математична модель відкриває можливість створення параметричних програм які оптимізують не тільки структуру самої програми, але і якісні параметри обробленої поверхні. Такий підхід дозволяє з часом побудувати бібліотеку модулів корекцій різного типу, що значно прискорить та знизить витрати на розробку нових програм.

Слід також зазначити, що параметризація програм відкриває шлях до створення асоціативних зв'язків між геометричними характеристиками оброблюваної поверхні та значеннями кінематичних параметрів режимів різання.

Список літератури:

1. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування. ЧДТУ, 2005. – 567 с.