

УДК 621.73

Макшанцев В. Г.
Чередніченко О. С.
Грачов І. А.
Дем'яненко Ю. В.

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ СПІВВІСНОСТІ ПОКОВОК НА АВТОМАТИЗОВАНОМУ КУВАЛЬНОМУ КОМПЛЕКСІ

Ковку використовують майже у всіх галузях промисловості, які пов'язані із металообробкою [1–2]. Для виробництва поковок гладких валів, штоків, гребних валів, бандажів, кубиків, шестерень з отворами та без них, циліндрів та плит у КПЦ № 2 ЗАТ «НКМЗ» використовують автоматизований кувальний комплекс на базі гідравлічного пресу зусиллям 30 МН (3000 тс). Основним недоліком роботи кувального комплексу є незадовільна точність обробки заготовок, через наявність чинників, що впливають на відхилення розмірів виготовлених поковок від номінальних. До них слід віднести: нерівномірність температури нагріву заготовки; конструкцію і стан ковальської машини; геометрію робочої поверхні бойків; неточність позиціонування поковки щодо поверхні бойків; неточність позиціонування траверси пресу. Найбільш вагомою неточністю геометричної форми поковки, що виникає під час обробки, є неспіввісність різних частин однієї деталі (наприклад, ступінчастого валу). Неспіввісність є причиною встановлення завищених припусків на ковальські операції, що призводить до перевитрати матеріальних та енергетичних ресурсів

Механізм утворення неспіввісності показаний на рис. 1 (зображено обробку деталі комбінованими валками). Точками A_1 та A_2 показані вісі заготовки до початку процесу обробки та після здійснення одиничного обтиснення заготовки робочими бойками пресу відповідно. Після повного циклу обробки заготовки вісь може зміститися у будь-якому напрямі.

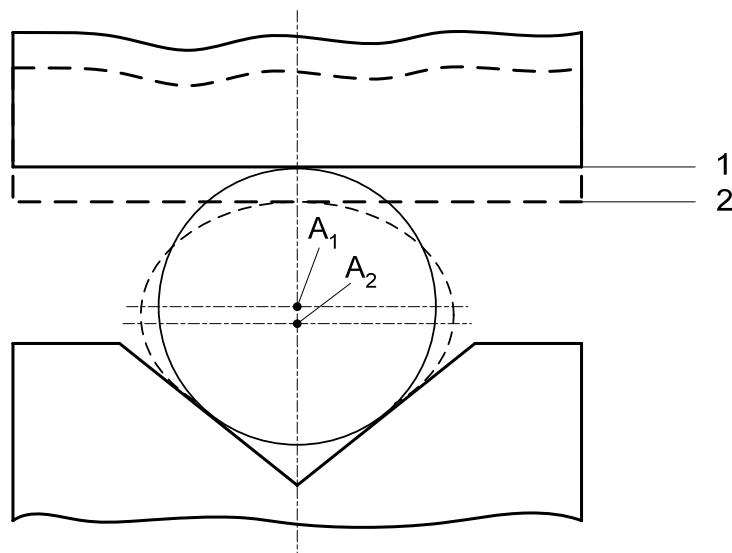


Рис. 1. Схема зміщення осі заготовки

З урахуванням вищенаведених фактів можна зазначити, що усунення проблеми неспіввісності дозволить значно підвищити точність та якість обробки поковки на кувальному комплексі та, як наслідок, зменшити припуски на ковальські операції.

На сучасному етапі у виробництві існують наступні методи усунення неспіввісності: використання вирізних бойків; використання теплоізолюючих обмазок для злитків; підігрів

заготівки у процесі кування. Усі дані методи мають свої недоліки: використання вирізних (радіусних) бойків неможливе у одиничному виробництві, а використання теплоізолюючих обмазок для злитків та підігрів заготівки у процесі кування значно підвищують собівартість та зменшують конкурентоспроможність готової продукції. Загальним недоліком названих методів є незадовільна ефективність.

Метою даної роботи є підвищення якості продукції шляхом контролю і регулювання геометричних параметрів поковок на протязі всього процесу її обробки. За цим методом необхідно отримувати повне описання якості поковок, що відковуються, після всіх етапів їх обробки. Дана задача ускладнюється тим, що в умовах обробки при високих температурах не можна використовувати прості технологічні датчики та системи, або вони видають неточну інформацію про стан параметру, який нас цікавить [3].

Провівши дослідження впливу дестабілізуючих факторів під час роботи кувального комплексу (до таких факторів відносяться: підвищена температура оточуючого середовища; бризки рідини, мастила; електромагнітні поля; вібрація та т. ін.) на систему розпізнання неспіввісності, можна сказати, що для її побудови найбільш раціональним буде використання оптичних датчиків відстані. До переваг варіанту використання оптичних датчиків відстані відносяться простота реалізації та експлуатації, задовільна точність вимірювань, відносно невелика вартість. Для вимірювання відстаней від кількох сантиметрів до кількох метрів при температурі об'єкту до 1600 C° та неідеальній його поверхні найбільш підходять фазові лазерні далекоміри – оптичні датчики, які працюють за принципом оптичної триангуляції. Фазові лазерні далекоміри знаходять широке застосування у сучасних системах автоматизації та при контролі параметрів технологічних процесів у різних галузях промисловості. Для зниження впливу шумів всі лазерні датчики відстаней дозволяють проводити інтегральні або усереднені вимірювання. При цьому проводиться безліч вимірювань відстані до об'єкту і результат потім усереднюється, тим самим підвищується точність вимірювань.

Під час знаходження центру перетину поковки припускається, що вона має ідеально круглу форму. Але форма перетину реальної поковки не є такою (рис. 2).

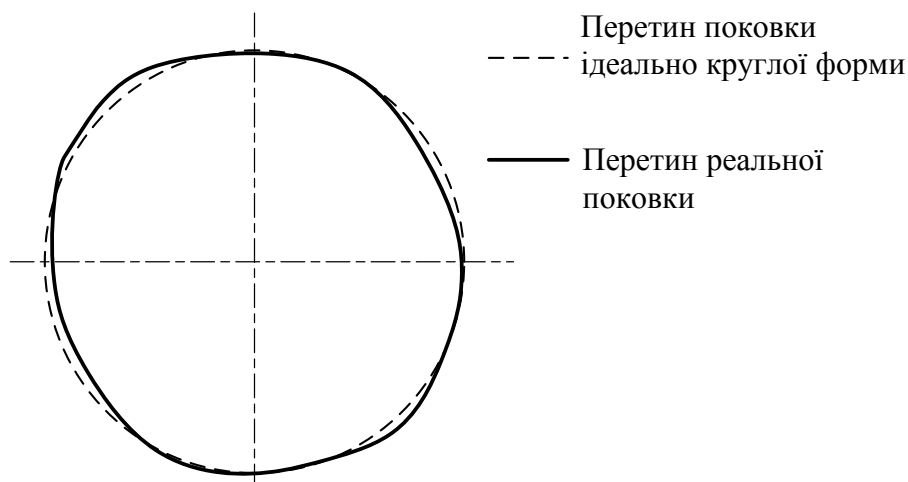


Рис. 2. Приклад відхилення перетину поковки від ідеально круглої форми

Припускаючи, що максимальна неточність позиціонування траверси на гідравлічному пресі складає $\pm 5\text{ мм}$, то можна сказати, що і максимальне зміщення центру поковки буде відрізняться від дійсного на $\delta'_1 = 5\text{ мм}$. Це було б так, якби центр перетину поковки визначався по трьох точках на її поверхні. Знаходячи чотири контрольні точки, можливо значно знизити дану похибку. Використовуючи координати чотирьох точок будується три можливі перетини поковки та знаходиться, відповідно, три їхні центри. Значення знайдених координат

усіх трьох центрів усереднюється і потім приймається остаточно як шукана величина. Таким чином, при використанні чотирьох контрольних точок на поверхні поковки, одержуємо похибку меншу, ніж за умови використання лише трьох точок ($\delta_{1\max} \approx 3,0$ мм).

Для знаходження центру перетину поковки у тій її частині, де вона на даний момент оброблюється бойками пресу, використовуються чотири оптичні датчики відстані. Чотири датчики необхідні для того, щоб зменшити ймовірну похибку через неідеальність форми перетину поковки. Розміщення датчиків зображене на рис. 3.

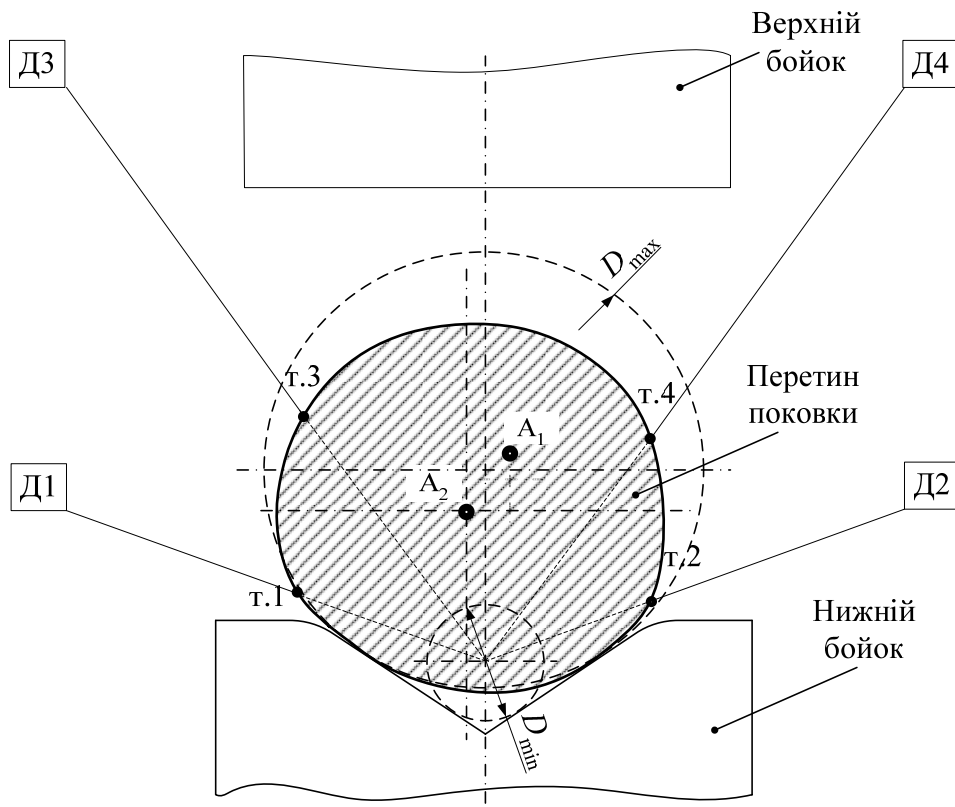


Рис. 3. Схема розташування оптичних датчиків відстані системи орієнтування поковки

Оптичні датчики (Д1, Д2, Д3, Д4) розміщуються стаціонарно відносно бойків пресу, приблизно так, щоб їх промені були напрямлені у цент перетину поковки найменшого можливого діаметру D_{\min} (це дозволяє забезпечити роботу системи без зміни орієнтації датчиків при усій номенклатурі поковок). Таким чином утворюється певна система координат, відносно якої визначається положення точок на поверхні поковки (точки т. 1, т. 2, т. 3, т. 4).

Отримавши дані про координати точок на поверхні поковки обчислюється центр перетину A_2 у місці її обробки. Отримане значення положення центру перетину порівнюється із положенням центру захвату кувального маніпулятора A_1 , яке постійно обчислюється існуючою системою управління автоматизованим кувальним комплексом і, таким чином, відоме у будь-який момент часу.

Визначивши існуючі координати центру перетину поковки і порівнявши їх із необхідними (із центром захвату маніпулятора), визначається відносне відхилення одного значення від іншого, яке дає змогу визначити величину вже існуючої неспіввідповідності.

Визначення положення центру перетину поковки та оцінка величини неспіввідповідності виконується таким чином. Вибирається початок умовної системи координат $(x_0; y_0)$ та визначається відносно розміщення контрольних точок системи у ній. До таких точок відносяться наступні (рис. 4).

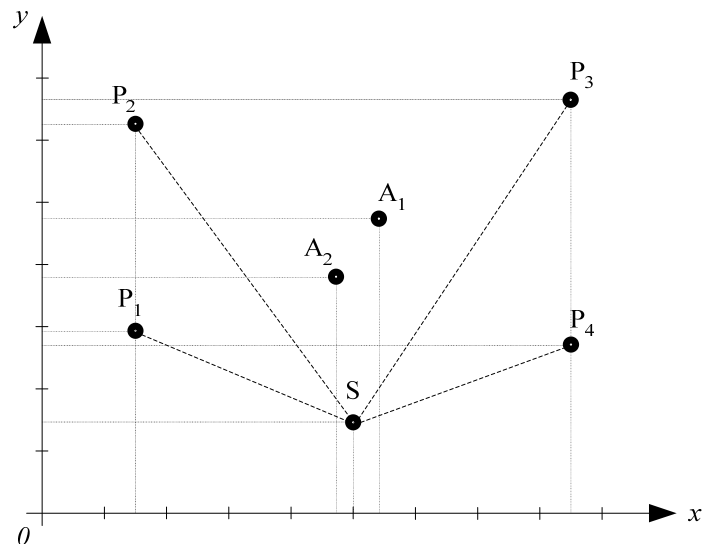


Рис. 4. Схема визначення координат системи орієнтування поковки на автоматизованому кувальному комплексі:

S – точка перетину променів оптичних датчиків світла (центр перетину поковки найменшого діаметру ідеально круглої форми). Задається у форматі $(x; y)$; P_1, P_2, P_3, P_4 – координати розміщення чотирьох датчиків відстані. Задаються у форматі $(x; y)$; A_1 – положення центру захвату маніпулятора. Приводиться до вибраної системи координат і має форму $(x; y)$

Координати точок S, P_1, P_2, P_3, P_4 визначаються під час монтажу системи на реальному об'єкті, координати центру захвату маніпулятора A_1 передаються із даних системи управління маніпулятором, після чого вони узгоджуються із обраною системою координат.

Після визначення необхідних параметрів починається приймання та аналіз даних із датчиків відстані. За цими даними визначаються координати чотирьох точок, які знаходяться на поверхні поковки та лежать у одній площині. Для моделювання вводу всіх необхідних даних та розрахунків координат точок на поверхні поковки розроблена функція *Points Peretin*. Вихідними параметрами даної функції є координати чотирьох контрольних точок. Для визначення центру перетину поковки розроблена спеціальна функція *Centr Peretinu*, вхідними даними якої є координати чотирьох точок на поверхні поковки, вихідними даними є координати положення центру перетину поковки. Отримавши дані про положення центру захвату маніпулятора та розрахувавши положення центру перетину поковки визначається відносне зміщення однієї координати від іншої у просторі, на основі яких формуються рекомендації по усуненню даного відхилення. Для виконання даної операції розроблена спеціальна функція *Nespiivvisnist*, вихідними даними якої є величина зміщення вісі поковки.

Для обробки отриманих із оптичних датчиків відстані даних використано програмний продукт MATLAB версії 6–7. За допомогою цього програмного продукту можливо провести повний аналіз даних, отриманих із встановлених у зоні кування оптичних датчиків відстані, та зберігати результати, наприклад, в спеціально розроблений та спрямований з MATLAB базі даних.

За допомогою даних про величину неспіввідповідності та напрям зміщення даної вісі система управління автоматизованим кувальним комплексом виробляє управляючі сигнали для пресу та маніпулятора по усуненню існуючої похибки. Після відпрацювання усіх дій знову визначається величина неспіввідповідності і, якщо вона у допустимих межах, виконується подача поковки маніпулятором відносно бойків пресу і починається обробка нової частини валу.

Структурна схема системи, призначеної для визначення кількісних характеристик неспіввсності та побудованої на основі оптичних датчиків відстані, має вигляд, приведений на рис. 5.

Така система складається із чотирьох оптичних датчиків, які управляються промисловим комп'ютером. У свою чергу промисловий комп'ютер отримує від датчиків дані про відстань до поковки, розраховує поточне положення центру заготовки та визначає його відхилення від необхідного. Після чого на основі цих даних формується управляюча дія для пресу та для маніпулятора по усуненню поточної похибки.

Використання чотирьох датчиків дозволяє зменшити похибку вимірювання, та підвищити надійність системи, бо у разі виходу із ладу одного із датчиків система зможе працювати (хоча і з меншою точністю). Оптичні датчики розміщуються таким чином, щоб забезпечувати роботу системи при всій номенклатурі поковок без перенастроювання. Усі чотири оптичні датчики відстані розміщуються у одній площині, перпендикулярній оброблюваній заготовці.

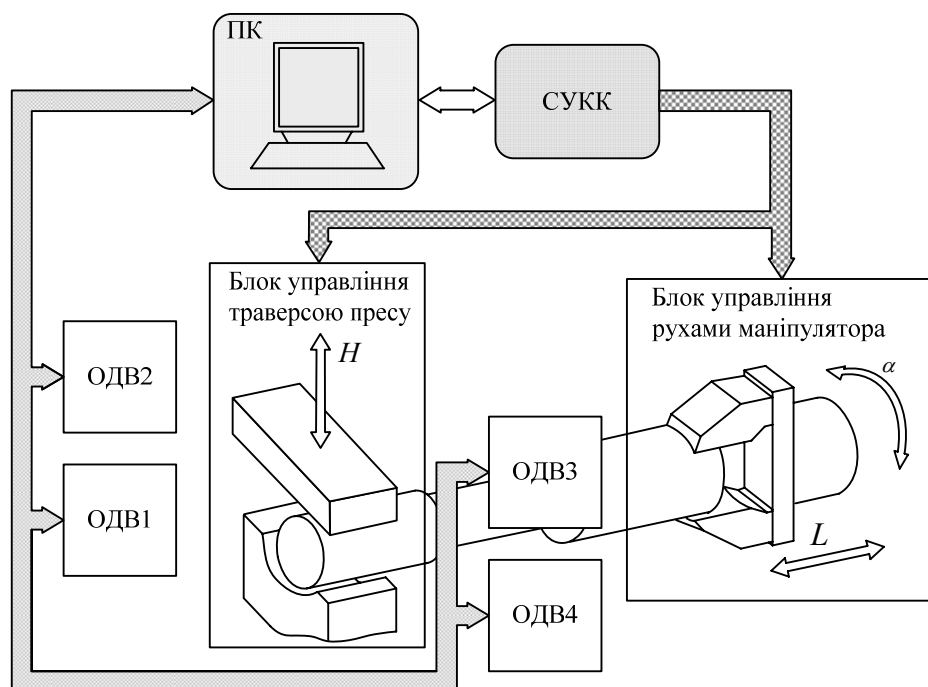


Рис. 5. Структурна схема установки системи орієнтування поковки:

ПК – промисловий комп'ютер; СУКК – система управління кувальним комплексом; ОДВ1...ОДВ4 – оптичні датчики відстані

Алгоритм обробки даних приведений на рис. 6. Блоком визначення координат перетину поковки обчислюється положення поковки у просторі за рахунок приведення показань чотирьох датчиків до спільної із маніпулятором системи координат.

У наступному блоку визначається центр перетину поковки, для чого використовуються прості математичні рівняння окружності. У блоці кількісної оцінки величини неспіввсності визначається різниця між розрахованим у попередньому блоці центром перетину поковки та центром захвату маніпулятора, розраховується кут відхилення та безпосередньо величина даної похибки. Отримана інформація за допомогою блоку накопичення даних архівується та заноситься до бази даних для подальшого її статистичного аналізу у наступному блоці.

Статистичний аналіз отриманої інформації дозволяє встановити залежність між дефектами і ходом технологічного процесу. Для ухвалення певних рішень застосовуються прості універсальні методи статистичного регулювання процесу.

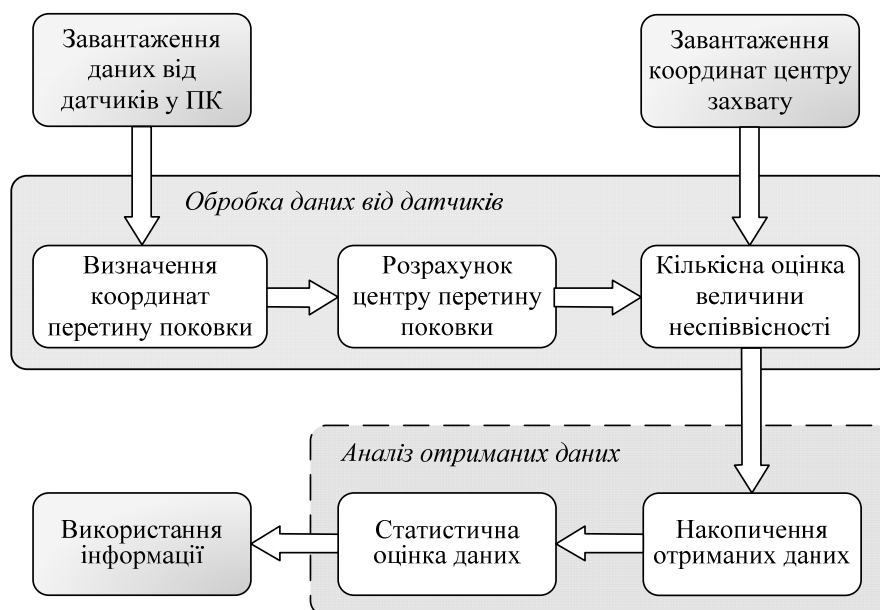


Рис. 6. Схема алгоритму обробки даних, отриманих від датчиків

Таким чином, можливо розпізнати певні події і зміни в технологічному процесі. Крім того, подібні способи дозволяють встановити, чи є інформація, що поступає в банк даних, точною і коректною. Оброблена та проаналізована інформація далі використовується для усунення існуючої похибки неспіввідності – на її основі формуються управляючі сигнали для маніпулятора та для пресу, які включають в себе інформацію про дії, котрі необхідно виконати і в якій послідовності, для того щоб зменшити неспіввідність до допустимих границь.

ВИСНОВКИ

Таким чином, одержані від системи орієнтування поковки дані дозволять: отримувати інформацію про кількісне значення неспіввідності поковки та тримати дану похибку у допустимих границях; оптимізувати витрати енергоресурсів за рахунок раціонального зменшення кількості неефективних ходів траверси пресу; оптимізувати витрати матеріальних ресурсів за рахунок зменшення припусків поковок; своєчасно проводити огляд та ремонт обладнання; встановити залежність між дефектами і ходом технологічного процесу за допомогою таблиці даних.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ковка и штамповка : справочник в 4-х т. / под ред. Е. И. Семенова и др. – М. : Машиностроение, 1986.
2. Ковка слитков на прессах / Л. Н. Соколов, Н. М. Золотухин, В. Н. Ефимов и др.; под ред. Л. Н. Соколова. – К. : Техніка, 1984. – 127.
3. Малакары Д. Оптический производственный контроль / пер. с англ. Е. В. Мазуровой и др.; под ред. А. Н. Соснова. – М. : Машиностроение, 1997. – 400 с.

Макшанцев В. Г. – канд. техн. наук, доц. кафедри АВП ДДМА;
 Чередніченко О. С. – магістр ДДМА;
 Грачов І. А. – канд. техн. наук, інженер ЗАТ «НКМЗ»;
 Дем'яненко Ю. В. – нач. бюро САПР ЗАТ «НКМЗ».

ДДМА – Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ;
 ЗАТ «НКМЗ» – ЗАТ «Новокраматорський машинобудівний завод», м. Краматорськ.

E-mail: app@dgma.donetsk.ua