

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ВИХІДНОГО КОНТРОЛЮ ПРОДУКЦІЇ МЕТАЛОПРОКАТНОГО ВИРОБНИЦТВА

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

В доповіді розглядається розробка автоматизованої системи вихідного контролю продукції металопрокатного виробництва. Система є частиною інтегрованої автоматизованої системи управління виробничим процесом металургійного комбінату.

Ключові слова: розробка, автоматизована система вихідного контролю, листова прокатна продукція, холодна прокатка, технологічний процес

Abstract

The report discusses the development of an automated system for output control of rolled metal products. The system is part of an integrated automated system for managing the production process of a metallurgical plant.

Keywords: development, automated output control system, rolled sheet products, cold rolling, technological process

Вступ

Доповідь присвячена вирішенню передпроектних задач розробки автоматизованої системи вихідного контролю листової продукції металопрокатного виробництва, що має на меті поліпшення якості готової продукції згідно зі зростаючими вимогами основних споживачів прокату.

Зазвичай до бідь-яких систем автоматизації прокатного стану пред'являються жорсткі, а інколи і суперечливі вимоги, а саме, вони повинні бути надійними, забезпечувати цілодобову роботу в тяжких умовах експлуатації протягом тривалого періоду між капітальними ремонтами, бути зручними в експлуатації й недорогими.

Результати дослідження

Листопрокатний стан - агрегат, що складається із системи машин і пристроїв для виконання всіх технологічних операцій при прокатці металевих листів. Розрізняють товстолистові стани, де виконується гаряча прокатка металевих смуг та листів, а також тонколистові стани, де, переважно, виконується холодна прокатка. Для забезпечення заданої товщини листа та якості його поверхні вихідна металева заготовка багаторазово прокачується через, так називані, прокатні кліті. Стан може містити або одну реверсивну кліть, або дві нереверсивні, або три, п'ять, шість чи більше клітей.

На рис.1 наведене схематичне зображення двох клітей прокатного стану.

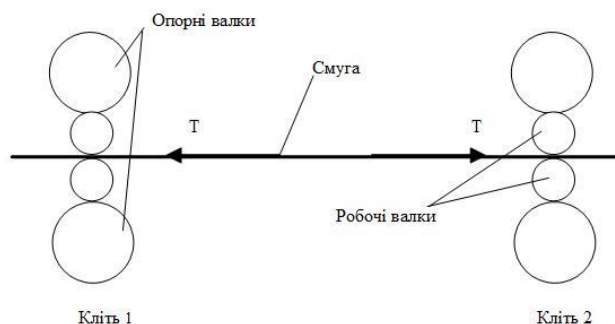


Рис. 1. Загальна структурна схема ПТК управління дозуванням

Холодна металева смуга прокатується між робочими валками стану зі швидкістю від 5-7 м/с до 35-40 м/с. Зусилля натягу смуги T утворюється комплексом таких дій, як зусилля стиснення з боку опорних та робочих валків, зусилля тяги з боку моталки та зусиллями пластичної деформації металу смуги під час її стоншення в ході процесу прокатки.

Холодна прокатка [1, 2] в порівнянні з гарячою має дві великі переваги:

- вона дозволяє виготовляти листи й смуги товщиною менше 0,8 - 1 мм, аж до кількох мікронів, що гарячою прокаткою недосяжно;
- вона забезпечує одержання продукції більш високої якості за всіма показниками - точності розмірів, обробці поверхні, фізико-механічним властивостям.

Ці переваги холодної прокатки обумовили її широке використання в чорній і в кольоровій металургії. У цей час доля холоднокатаних листів у загальній масі тонколистового прокату становить близько 50 %. Виробництво холоднокатаних листів, смуг і стрічок продовжує інтенсивно розвиватися. Основну масу (приблизно 80%) холоднокатаних листів становить конструкційна сталь товщиною 0,5-2,5 мм і шириною до 2300 мм. Таку тонколистову сталь широко використовують в автомобілебудуванні.

Холоднокатана листова й рулонна сталь у частині сортаменту повинна відповідати сортаментним стандартам. Листову холоднокатану сталь (шириною від 500 мм до 1400 мм) виготовляють у вигляді листів товщиною від 0,5 до 5,0 мм, а у вигляді рулонів (шириною від 200 до 2300 мм) - товщиною від 0,5 до 3,0 мм.

Залежно від призначення холоднокатаної сталі, до неї висувають різні вимоги. Ці вимоги обумовлені відповідними стандартами й технічними умовами.

Види дефектів холоднокатаних листів і смуг дуже численні. Деякі з них специфічні, тобто відносяться тільки до якого-небудь конкретного виду продукції. Наприклад, при виробництві листів з покриттями велике місце у відбракуванні займають дефекти покриттів. Окремі види продукції мають класифікатори дефектів, що включають 30-40 і більше найменувань. Нижче розглянуті тільки самі типові види дефектів, причому більшість з них властива як холоднокатаними, так і гарячекатаним листам:

- недотримання точності розмірів і форми листів і смуг (поперечна й поздовжня різновтовщинність, хвилястість, коробчастість), усунення яких досягається оптимальним настроюванням обладнання прокатного стану й впровадженням систем автоматичного управління; застосовується й така узагальнена характеристика як планшетність - flatness (характеристика плоскої поверхні прокачаного смуги, що виражається у відсутності коробчастості й/або хвилястості цієї поверхні);
- порушення суцільності металу (діри, тріщини, рвана крайка, розшарування й ін.), основна причина якого є погана якість металу вихідної гарячекатаної заготовки;
- дефекти поверхні листів і смуг (підвищена шорсткість, заглиблення або виступи, вдавнена металева крихта, ризики й подряпини);
- відхилення за структурою й фізико-механічними властивостями металу (залежать від виконання запропонованих режимів термічної обробки й режимів деформації металу).

По точності розмірів і форми листів сталь розділяють на листи підвищеної точності (клас А) і листи нормальної точності (клас Б), а по площинності розділяють на листи особливо високої площинності (клас ПО), листи високої площинності (клас ПВ) і листи нормальної площинності (клас ПН).

Вимоги до усіх перерахованих показників якості готової продукції прокатних станів постійно зростають. В той же час, сучасне металопркатне виробництво прямує до інтенсифікації навантажень на технологічне обладнання, на збільшення швидкості прокату та зусилля обтиснення.

У цих умовах зростає роль різних систем автоматичного управління і регулювання, що забезпечують підвищення продуктивності прокатних станів і підтримку якості продукції, що випускається.

Застосування автоматизованих систем управління технологічним процесом холодної прокатки (АСУТП) дає позитивні результати на всіх стадіях процесу, де зараз автоматизовані більшість технологічних і технічних операцій [3-5]:

- подача й збирання рулонів (робота моталки);
- подача смуги в кліті (швидкість руху та зусилля натягу);
- установка валків у робоче положення (конфігурація робочого зазору та зусилля стиснення);

- перевалка робочих валків (для багатовалкових клітей);
- контроль параметрів смуги та листів як в процесі прокачування, так і на виході процесу.

Наприклад, телевізійна вимірювальна система CCD2040 фірми Shape Technology Ltd. (Великобританія) [6] призначена для вимірів різних геометричних параметрів металевих листів і смуг на будь-якому етапі їх холодної прокатки. Високі метрологічні характеристики системи забезпечуються прецизійними телевізійними камерами на основі напівпровідникових елементів, що скануються, із зарядним зв'язком.

Зокрема, вимір коробчастості виконується за допомогою двох стереоскопічних камер, розташованих на відстані 1 метра одна від одної (рис. 2, а). Відхилення відстаней до поверхні прокату по осевих лініях цих камер контролюється програмним забезпеченням системи й на основі цих даних розраховується коробчастість прокату

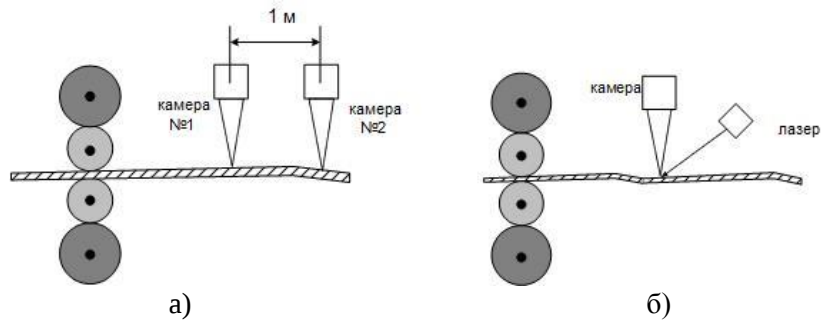


Рис. 2. Принцип вимірювання коробчастості (а) та площинності (б) металевих смуг системою CCD2040

Вимір площинності й контроль форми прокату (рис.2, б) виконується стереоскопічним способом, у результаті чого виводяться дані про висоту країв листа або смуги. При використанні лазерної освітлювальної системи вдається вимірювати в поперечному напрямку висоту листа або смуги в кожній освітленій точці. Система через інтерфейс OPC може бути включена в комп'ютерну мережу для передачі даних, що вимагають подальшої обробки й представлення.

Проведений аналіз існуючих систем автоматизації холодної прокатки дозволив зробити такий висновок: усі ці системи постачені сучасними засобами автоматичного або автоматизованого вихідного контролю готової продукції. Це, в першу чергу, засоби оцінювання геометричних параметрів (товщини і планшетності), а також засоби оцінювання стану поверхні і внутрішньої структури металевої смуги.

Але є і певні відмінності. Так для станів безперервної прокатки металевих смуг ці засоби контролю, що розміщені, природно, на виході стану, виконують подвійну функцію – постачають оперативну інформацію і для подальшого сортування продукції по її якості, і для корегування процесу прокатки через систему управління нею.

При виконанні же мірного розрізу готової смуги на листи ці засоби контролю слугують лише для підтримки подальшого сортування готових листів по їх якості. Проаналізуємо більш детально саме таку автоматизовану систему. По-перше, вона зазвичай також побудована на сучасних закордонних засобах автоматизації. Це, без сумніву, суттєво збільшує загальну вартість системи. По-друге, програмування проводиться на універсальних мовах, що значно ускладнило сам процес розробки, а також призводить до суттєвих втрат часу та коштів на платню висококваліфікованих програмістів. Загальна вартість системи від цього тільки збільшується. По-третє, в системі зазвичай використовується один вимірювач товщини листа, який встановлений або в одній точці, або рухається спеціальним механізмом по одній незмінній траєкторії. Тобто отримується обмежений об'єм інформації про якість листа щодо його геометричних параметрів. Тобто в результаті контролю неможливо отримати додаткову інформацію про повздовжній та поперечний розподіл товщини металевого листа, про його відповідність вимогам сортаментного стандарту, а також про наявність хвилястості по товщині листа. Ця додаткова інформація могла б не тільки сприяти більш об'єктивному сортуванню готової продукції, але була б корисна і для корегування процесу прокатки щодо усунення виявлених видів браку металевої смуги.

Тому, виходячи з цих виявлених недоліків існуючої системи вихідного контролю готової продукції прокатного стану, і проводилось концептуальне проєктування нової системи вихідного

контролю. По-перше, для отримання додаткової інформації про розподіл товщини по всій площі листа пропонується виконувати вимірювання як можна у більшій кількості точок. Тобто це вимагає або багатоканальної системи контролю з незмінним положенням багатьох датчиків товщини щодо контролюваного листа, або одноканальної системи зі скануванням листа одним датчиком. З урахуванням великої продуктивності сучасних прокатних станів, яка вимагає скорочення часу контрольних операцій, постає проблема швидкодії проекрованої системи контролю. Багатоканальна система може забезпечити практично одночасний вимір товщини у всіх контрольованих точках, що значно скорочує час контролю. А от одноканальна система не спроможна забезпечити такої характеристики, крім того, для сканування листа потрібний досить складний механізм швидкого і точного переміщення датчика по поверхні листа.

Тому проектовану автоматизовану систему контролю вирішено реалізовувати саме багатоканальною. На рис.3 наведений такий варіант системи контролю щодо розміщення її датчиків товщини.

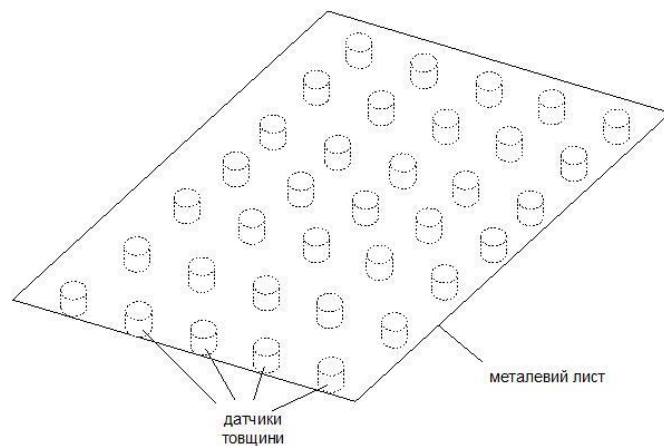


Рис. 3. Принцип розміщення датчиків системи відносно контролюваного листа

По-друге, для здешевлення усього проекту пропонується замість закордонного промислового контролера, що збирає інформацію з усіх датчиків товщини, використати власну розробку такого мікропроцесорного контролера. Цей контролер будуватиметься переважно на вітчизняній елементній базі і буде мати вузьке функціональне призначення: обробка сигналів усіх датчиків товщини, виконання процедури контролю у кожній точці і передавання результатів контролю до комп'ютера оператора ділянки мірної різки смуги.

Таким чином, загальна конфігурація проекрованої автоматизованої системи вихідного контролю продукції прокатного стану буде такою, що наведена на рис.4. Кількість каналів N системи залежить як від розмірів контролюваного листа, так і від необхідної розрізняльної спроможності системи щодо виявлення розподілу товщини по всій площині листа.

По-третє, розробку програмного забезпечення (ПЗ) комп'ютера оператора будемо виконувати засобами автоматизованого проектування ПЗ. Для операторських станцій АСУТП таким інструментом є SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Розробка проводиться в режимі візуального програмування без застосування будь-яких текстових мов. Це значно скорочує термін розробки і призведе, без сумніву, до здешевлення проекрованої системи.

На основі проведеного аналізу методів та засобів вимірювання товщини металевих листів в якості датчиків проекрованої системи були вибрані найпростіші вихрострумові датчики від приладу ВТП-10Н [7]. Кожний з цих датчиків включений за параметричною схемою у ланцюг коливального контуру, що змонтований разом з електронною схемою в корпусі датчика. Таким чином, на виході датчика формується частотний вихідний сигнал, що передається до вторинного приладу ВТП-10Н. Виберемо частоту живлення контуру датчика рівною 100 Гц. Конкретизуємо також діапазон виміру та характеристики металевих листів. Для проекрованої автоматизованої системи візьмемо в якості об'єкту контролю металевий лист товщиною від 0,01 мм до 2,5 мм, що зроблений з феромагнітного матеріалу.

Висновки

В результаті виконання даної роботи була розроблена концепція автоматизованої системи вихідного контролю продукції металопрокатного виробництва. Сформовані основні технічні вимоги для подальшого проектування даної автоматизованої системи, яка є частиною інтегрованої системи автоматизації виробничого процесу металургійного комбінату.

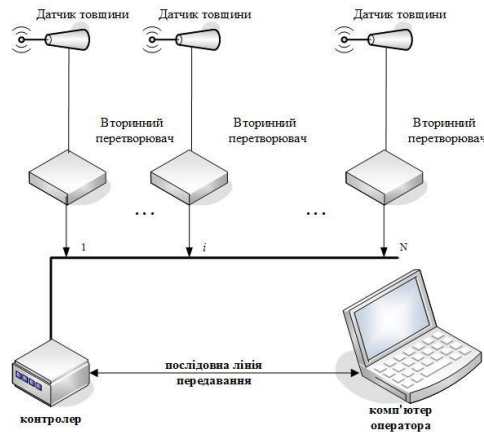


Рис.4. Загальна конфігурація автоматизованої системи вихідного контролю

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Панасенко Ф.Л. Холодна прокатка тонколистової сталі. - К.: Металургія, 1987. - 432 с.
2. Васильєв Я.Д., Саф'ян М.М. Виробництво смугової та листової сталі». - К.: Вища школа, 1976. - 400 с.
3. Автоматизація холодної прокатки сталі за допомогою платформи NI PAC [Електронний ресурс]. URL: www.digital.ni.com/express.nsf/bycode/nn0405a05//.
4. Тимошенко Е.В., Самецький О.О. Синтез систем управління параметрами смуг при холодній прокатці – К.: НВК “КІА”, 2019. – 264 с.
5. Блаженков М., Саньков М., Ченцов Д. Досвід розробки та впровадження системи управління ділянкою мірного різання // Сучасні технології автоматизації. - 2018. - №2. - С. 52-55.
6. Вимірювальна система CCD2040 [Електронний ресурс]. URL: www.shape-tech.com//.
7. Офіційний сайт компанії "СВ АЛЬТЕРА" в Україні [Електронний ресурс]/ URL: www.svaltera.ua.

Воїнов Євген Олександрович - студент групи АКІТ-22бз, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: voinovgena456654@gmail.com;

Севастьянов Володимир Миколайович— к.т.н., доцент, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця e-mail: rada.inaeksu@gmail.com

Папінов Володимир Миколайович - канд. техн. наук, професор кафедри АІТ, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vnpapinov@gmail.com;

Voinov Yevgen O. – student of AKIT-22bz group, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsya, email: voinovgena456654@gmail.com;

Sevastyanov Volodymyr M. - Ph. D., Assistant Professor of department of automation and intelligent information technologies, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsya, e-mail: mvm@vntu.edu.ua;

Papinov Volodymyr M. - Ph. D., Professor of department of automation and intelligent information technologies, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsya, e-mail: vnpapinov@gmail.com.