

УДК 622.83

Добровольська Л. О., Лісов Є. В.

## АСУТП ПРОЦЕСОМ ПРОКАТКИ ЗАГОТОВОК В ЧОРНОВІЙ КЛІТІ ТЛС

*У статті розглядаються питання розробки АСУТП процесом прокатки заготовок в чорновій клітці ТЛС. В результаті запропонованої автоматизації чорнової клітці пропонується установка системи цифрової перебудови і індикації положення механізмів чорнової групи. Система повинна бути інтегрована до складу комплексу систем автоматизації стану. Система забезпечить дистанційне керування механізмами з робочого місця оператора чорнової групи і робочих місць вальцювальника у клітей групи.*

*Візуалізація процесу виконана на базі промислового персонального комп'ютера з ліцензійними програмами WinCC фірми SIEMENS, яка значно спростить контроль за ходом технологічного процесу і дозволить контролювати і управляти основними регульованими параметрами з мінімальним втручанням в хід технологічного процесу людини.*

**Ключові слова:** автоматичне регулювання, чорнова кліть, перестройки і індикації положення механізмів чорнової групи, математична модель, структурна схема, функціональна схема, комплекс технічних засобів, програмами WinCC фірми SIEMENS

**Постановка проблеми.** Вітчизняний і зарубіжний досвід показують, що створення сучасних АСУТП на прокатних станах є комплексним завданням. В процесі розробки і впровадження АСУТП необхідно вирішувати наступні питання: дослідження станів як об'єктів автоматизації; розробка математичних моделей і алгоритмів управління; визначення раціональних, економічно обґрунтованих обсягів автоматизації; вибір структури АСУТП; розробку технічного забезпечення АСУТП.

Метою автоматизації, як правило, є: підвищення якості прокату за рахунок більш жорсткого дотримання розмірних і металургійних допусків; економія металу і енергоресурсів; підвищення продуктивності станів; полегшення праці персоналу; поліпшення організації та вдосконалення управління виробництвом [1].

Для досягнення цих цілей крім систем автоматизації потрібно ще й устаткування стану рядом спеціальних виконавчих органів для ефективного впливу на профіль, форму та інші параметри прокатуваного металу, тому і розробка АСУТП чорнової клітці досить актуальна, тому що вона в першу чергу значно підвищить якість виробленої продукції.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Великий внесок у розробку теорії прокатних станів як об'єктів управління та створення систем автоматизації прокатних станів внесли М. М. Дружинін, І. М. Меєрович, Ю. Д. Железнов, Г. Г. Григорян, А. Б. Челюсткін, А. С. Філатов, В. І. Попельнух, В. К. Хотулев, Б. Н. Дралюк, В. Л. Стефанович, Б. Б. Тимофєєв, В. І. Архангельський, А. Н. Чернишов і багато інших.

Так, науково-виробничим об'єднанням «Київський інститут автоматики» (НВО КІА) за участю ряду спеціалізованих інститутів і металургійних підприємств розроблені і впроваджені в виробництвах в різних обсягах АСУТП товстолистових станів 3600 і 3000 (м.Маріуполь), ширококутових станів гарячої прокатки ШСГП 2500 і ШСГП 2000 Новолипецького і ШСГП Магнітогорського меткомбінатів (Росії), ШСГП 680 меткомбінату

«Запоріжсталь», тонколистового стану холодно прокатки 700 меткомбінатів ім. Ілліча (Маріуполь), Пакстіл (Пакистан), стан 800 холодно прокатки г.Корба (Індія) і ін.

Для виконання зазначених розробок проводяться наукові та експериментальні дослідження, вивчається і використовується передовий зарубіжний досвід досліджень, проектування і впровадження АСУТП європейськими фірмами: «Siemens» (Німеччина), «ASEA» (Швеція), «АСЕС» (Бельгія), «Dvy McKee» (Англія), «Mitsubishi Electric Corp», «Hitachi» (Японія) та ін.

**Мета статті** - на основі існуючих теоретичних і практичних матеріалів розробити АСУТП процесом прокатки заготовок в чорновій кліті ТЛС.

**Виклад основного матеріалу.** *Широкосмуговий стан гарячої прокатки як об'єкт автоматичного управління* До складу широкосмугового стану гарячої прокатки (ШСГП) входять: нагрівальні печі для нагріву катаних або литих слябів; чорнова група клітей; чистова група клітей з одночасною прокаткою у всіх клітях; транспортні рольганги перед і між клітями чорнової групи, проміжний рольганг між чорнової і чистової групами, відвідний рольганг після чистової групи; пристрій для охолодження смуги, пристрій для збивання і видалення окалини; ножиці для обрізки кінців смуги перед чистовою групою, перевалочні і ряд інших допоміжних механізмів.

Прокатка листів на ШСГП характеризується нестабільністю основних параметрів прокатки, а також неповною інформацією про ці параметри. У цих умовах необхідна якість прокату може бути отримано тільки на основі застосування адаптивних систем управління, що, втім, відноситься і до інших типів прокатних станів. Системам регулювання властивий ряд загальних особливостей:

- прокатний стан є суттєво нестаціонарним об'єктом регулювання, параметри якого змінюються в широких межах, і їх не можна точно визначити заздалегідь; тиристорні перетворювачі систем збудження синхронних двигунів головних приводів клітей;

- датчики систем регулювання встановлюються зазвичай до або після місця докладання керуючих впливів.

У першому випадку виникають структури управління з обуренням, (наприклад, регулювання товщини смуги по відхиленню температури і товщини підкату на вході в чистову групу), у другому - системи з великим транспортним запізненням (наприклад, регулювання товщини за показаннями товщиноміру, встановленого на виході стану), а також різні варіанти комбінованих структур.

В АСУТП широкосмугових станів гарячої прокатки основні керуючі впливи спрямовані на перебудову і зміну режимів роботи механізмів. Зміні підлягають лінійні або кутові координати позиційних механізмів (до 80 % всіх механізмів стану), лінійні швидкості смуги, кутові швидкості робочих валків, завдання натягу, зусиль прокатки та ін.

АСУТП прокатних станів повинні забезпечувати: отримання заданих технологічних характеристик і параметрів якості готової продукції; збір, зберігання і обробку всієї необхідної інформації; сумісність технічних засобів АСУТП; можливість нарощування комплексу технічних засобів; роботу АСУТП в реальному масштабі часу; пряме цифрове управління; безперервний режим роботи і т.д. [2].

*Побудова АСУТП для чорнової кліті.*

У чорновій групі сляби послідовно прокочуються в усіх клітях до товщини 30-60мм. Для забезпечення можливості прокатки всього сортаменту стана в складі чорнової групи

передбачена ще одна реверсивна кліть, в якій плющення проводиться в 3 ... 7 проходів. Передбачена можливість регулювання слябів по ширині в коморах.

Підкат з чорнової групи в чистову транспортується по проміжному рольгангу. У лінії проміжного рольганга передбачена установка прискореного охолодження підкату до заданої температури. Ця установка складається з двох частин. Перша розташована за чорновий групою на початку проміжного рольганга і призначена для зниження загального рівня температури металу. Друга розташована перед ножицями і здійснює управління температурою по довжині підкату.

Перед завданням підкату в чистову групу його передній і задній кінці відрізаються на летючих ножицях. Остаточна прокатка до заданої товщини відбувається в чистовий групі. Структуру АСУТП чорнової групи клітей можна представити у вигляді двох базових рівнів. функції першого рівня: комунікації оперативного персоналу з АСУТП на постах управління; управління швидкісними режимами і транспортними механізмами; управління позиційними механізмами; управління допоміжними механізмами; управління гідрозбиву; стеження і координації роботи систем базового рівня; управління ГНУ; управління перевалкою валиків; регулювання натягу в безперервно підгрупі. функції другого рівня: інформаційний супровід; налаштування ділянки; автоматичне регулювання ширини; управління профілюванням слябів; управління температурно-швидкісними режимами в безперервно підгрупі; управління лижеутворення; регулювання серповидно; регулювання товщини.

Пропонується запровадити в якості АСУТП систему цифрової перебудови і індикації положення механізмів чорнової групи. Дана система буде інтегрована до складу комплексу систем автоматизації стану. Система забезпечить дистанційне керування механізмами з робочого місця оператора чорнової групи і робочих місць вальцювальника у клітей групи.

*Побудова системи.* Об'єднання локальних підсистем керування кожної кліткою в систему. Локальна підсистема кліти включає: датчики абсолютного значення позиціонування механізмів, елементів віддаленого вводу-виводу з відповідною керуючою і відображає апаратурою, контролери. Зв'язок елементів підсистеми організована з використанням ProfiBus. Побудова підсистем реалізовано з використанням опціональних ресурсів тиристорних перетворювачів SIEMENS.

Передбачається трирівнева побудова системи автоматизації:

- рівень 0 – рівень датчиків, приводів, виконавчих механізмів;
- рівень 1 – рівень засобів базової автоматизації, включаючи програмовані логічні контролери, локальні операторські панелі;
- рівень 2 – рівень автоматичного управління процесом перебудови.

В якості програмно-апаратної основи реалізації системи базової автоматизації використовується обладнання компанії Siemens, серії Simatic S7-400. Дана апаратна платформа забезпечує наявність в системі стандартних мережевих інтерфейсів ProfiBus DP, Industrial Ethernet [3].

Функціональний склад системи: контролер майстер - системи MRM управління чорнової групи; контролер управління системами вертикального і горизонтального окалиноломателів StC\_SB; контролер управління системами клітей; сервер візуалізації WinCC - HMI\_RM; сервер діагностики PDA; сервер зберігання і управління даними прокатки RM\_ADH; станції операторів, АРМи технічних служб, інженерна станція розробника. Для забезпечення високої якості регулювання використовуються нові сучасні цифрові датчики

положення, інкрементальні датчики швидкості. Якість управління забезпечується також використанням

- мережі PROFIBUS для зв'язку з приводами натискних пристроїв на базі Simoreg DC.
- датчики вимірювачів положення механізмів, розташовуються безпосередньо на кожному механізмі

- шафа контролера, розташований в приміщенні ВЦ на посту управління чорною групою стану;

Система забезпечує наступні функції:

- прийом і індикацію програми прокатки від датчику печей;
- індикацію і перебудову положення механізмів чорної групи стану (відображення напрямних, рольгангів, горизонтальних і вертикальних натискних пристроїв клітей) від пульта управління системою на ПУ і РМ чорнових клітей;

- управління режимами синхронних двигунів чорної групи головних приводів клітей. Порушення обмоток ротора;

- запис і зберігання стандартних програм прокатки різних профілів розмірів прокочуємих смуг;

- блокування керуючих впливів при перевищенні заданих параметрів і видачу сигналів про це технологічному персоналу;

- збереження оперативних даних про виробництво і історичних трендів сигналів.

Згідно з розробленою функціональною схемою система АСУТП чорної групи, включає в себе сервер математичного забезпечення і баз даних, сервер візуалізації, сервер діагностики, контролер майстер (системи та контролери управління механізмами клітей). Елементи АСУТП об'єднані між собою стандартними мережевими інтерфейсами на базі мереж Industrial Ethernet і PROFIBUS DP. Режими роботи АСУТП передбачає наступне:

- автоматичний режим перебудови на підставі завдання одержуваного з сервера математичного забезпечення і баз даних. Порядок завдання програм прокатки визначає і контролює оператор за допомогою терміналу управління процесом рівня 2 на посту;

- повністю ручний режим завдання настроювальних параметрів для чорної групи;

- в автоматичному режимі для оператора зберігається можливість ручного втручання в настройки окремих механізмів з метою проведення необхідних корекцій;

- всі дані про реальний процес, актуальні данні вимірювань при прокатці збираються і зберігаються на сервері математичного забезпечення і баз даних з прив'язкою по конкретному слябів.

Технічні параметри системи:

- візуалізація процесу виконана на базі промислового персонального комп'ютера з ліцензійними програмами WinCC фірми SIEMENS;

- технічна структура системи включає в себе такі рівні: датчики (виконавчі механізми) - контролери, панелі операторів РМ, операторські станції ПУ, сервер технологічної бази даних - сервер виробництва;

- для контролю роботи обладнання (датчики, контролери, мережі тощо.) Встановлена інженерна станція;

- на рівні контролерів реалізуються функції збору і первинної обробки сигналів, аналізу ситуації на об'єкті, видачі блокувань, захистів і сигналів управління;

- на рівні операторської станції реалізуються функції відображення стану технологічного процесу, попереджувальна і аварійна сигналізація, протоколювання ходу процесу, накопичення даних, формування і висновки звітів;
- на рівні інженерної станції реалізуються функції координування роботи підсистем, а також функції контролю працездатності системи;
- вхідні дискретні сигнали мають нульовий рівень не більше 3.0 В, а одиничний - не менше 10.2 В;
- система передбачає зв'язок з сервером запису технологічних параметрів прокатки, розташованим в машзалі ВЦ, по мережі ETHERNET з використанням оптоволоконної лінії зв'язку. Загальна структура системи представлена на рис. 1.

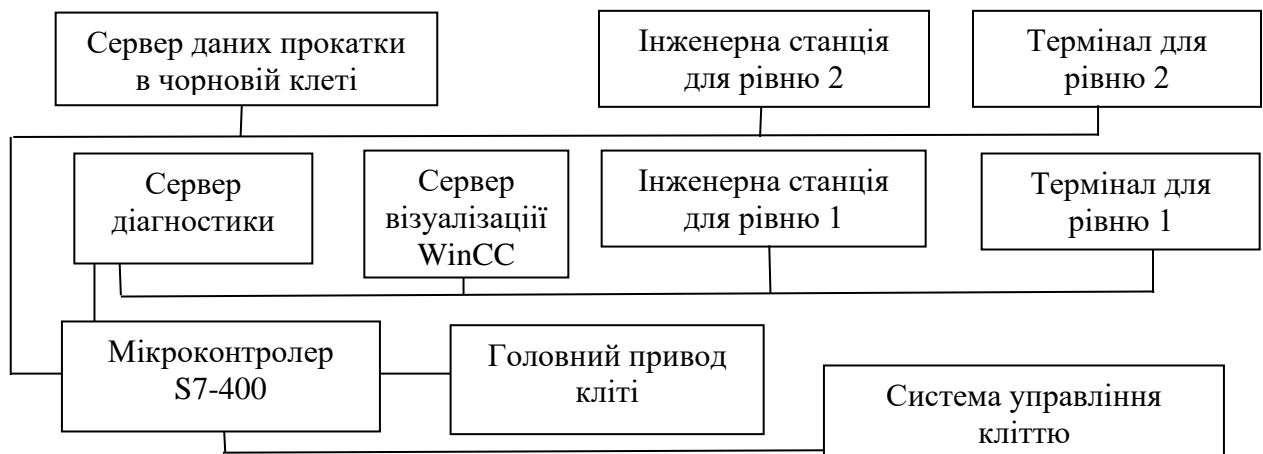


Рисунок 1 – Загальна структура системи

Пропонується використовувати промислові програмовані контролери Simatic S7 серії 300 і 400. Побудова системи АСУТП ґрунтується на застосування програмованих логічних контролерів Siemens AG сімейства SIMATIC S7-300, S7-400, станцій розподіленого вводу-виводу ET-200, що підключаються по мережі PROFIBUS DP [4].

## ВИСНОВКИ

В результаті запропонованої автоматизації чорнової кліті пропонується установка системи цифрової перебудови і індикації положення механізмів чорнової групи. Система забезпечить дистанційне керування механізмами з робочого місця оператора чорнової групи і робочих місць вальцювальника у клітей групи.

Візуалізація процесу виконана на базі промислового персонального комп'ютера з ліцензійними програмами WinCC фірми SIEMENS, яка значно спростить контроль за ходом технологічного процесу і дозволить контролювати і управляти основними регульованими параметрами з мінімальним втручанням в хід технологічного процесу людини.

Перелік використаних джерел:

1. *Архангельский, В. И.* АСУ листопрокатных станов / *В. И. Архангельский, И. Н. Богаенко; под ред. В. И. Архангельского.* – М. : Металлургия, 1994. – 334 с.
2. *Медведев, Р. Б.* АСУ ТП в металлургии / *Р. Б. Медведев, Ю. Д. Бондарь, В. Д. Романенко.* – М. : Металлургия, 1987. – 256 с.
3. *Архангельский, В. И.* Интегрированная АСУ толстолистого прокатного цеха / *В. И. Архангельский, Г. Г. Грабовский, Н. А. Рюмишин // Автоматизация производных процессов.* – 1997. – № 1. – С. 53–62.
4. *Архангельский, В. И.* Алгоритмы и техническая реализация систем прямого цифрового управления / *В. И. Архангельский.* – М. : ЦНИИТЭИ приборостроения, 1978. – 55 с.

**Добровольская Л. А., Лисов Е. В.**

### АСУТП ПРОЦЕССОМ ПРОКАТКИ ЗАГОТОВОК В ЧЕРНОВОЙ КЛЕТИ ТЛС

*В статье рассматриваются вопросы разработки АСУТП процессом прокатки заготовок в черновой клети ТЛС, что обеспечит повышение качества проката за счёт более жесткого соблюдения размерных и металлургических допусков; экономию металла и энергоресурсов; повышение производительности стана; облегчение труда персонала; улучшение организации и совершенствование управления производством. Структуру АСУТП черновой группы клетей можно представить в виде двух базовых уровней. функции первого уровня: коммуникации оперативного персонала с АСУТП на постах управления; управление скоростными режимами и транспортными механизмами; управление позиционными механизмами; управление вспомогательными механизмами; управление гидросбивом; слежение и координации работы систем базового уровня; управление ГНУ; управление перевалкой валиков; регулирование натяжения в непрерывно подгруппе. функции второго уровня: информационное сопровождение; настройка участка; автоматическое регулирование ширины; управление профилированием слябов; управление температурно-скоростными режимами в непрерывно подгруппе; управление лыжеобразованием; регулирование серповидности; регулирование толщины.*

*В результате предлагаемой автоматизации черновой клети предлагается установка системы цифровой перестройки и индикации положения механизмов черновой группы. Система должна быть интегрирована в состав комплекса систем автоматизации стана. Система обеспечит дистанционное управление механизмами с рабочего места оператора черновой группы и рабочих мест вальцовщика у клетей группы. Визуализация процесса выполнена на базе промышленного персонального компьютера с лицензионными программами WinCC фирмы SIEMENS, которая значительно упростит контроль за ходом технологического процесса и позволит контролировать и управлять основными регулируемыми параметрами с минимальным вмешательством в ход технологического процесса человека.*

**Ключевые слова:** автоматическое регулирование, черновая клеть, перестройки и индикации положения механизмов черновой группы, математическая модель, структурная схема, функциональна схема, комплекс технических средств, программы WinCC фирмы SIEMENS.

**Dobrovolskaya L. A., Lisov E. V.**

## **AUTOMATED PROCESS CONTROL SYSTEM BY THE PROCESS OF ROLLING BILLETS IN THE ROUGHING STAND OF TLS**

*The article discusses the issues of developing an automatic process control system by rolling blanks in a roughing stand of a TLS, which will provide improved quality of rolled products due to tighter compliance with dimensional and metallurgical tolerances; saving of metal and energy resources; increasing mill productivity; facilitation of staff work; improving organization and improving production management. The structure of the control system of a draft group of cleletes can be represented in the form of two basic levels. first level functions: communication of operational personnel with process control systems at control posts; management of speed modes and transport mechanisms; management of positional mechanisms; management of auxiliary mechanisms; hydraulic breakdown control; tracking and coordination of the operation of basic level systems; GNU management; management of transshipment of rollers; tension control in a continuous subgroup. second level features: information support; site setup; automatic width adjustment; slab profiling management; temperature and speed control in a continuous subgroup; skiing management; sickle regulation; thickness regulation.*

*As a result of the proposed roughing stand automation, it is proposed to install a digital tuning system and indicate the position of the draft group mechanisms. The system should be integrated into the complex of mill automation systems. The system will provide remote control of mechanisms from the workplace of the operator of the draft group and the workplaces of the rolling mill at the stands of the group. The process was visualized on the basis of an industrial personal computer with SIEMENS licensed WinCC programs, which will greatly simplify the control of the process and allow you to control and manage the main adjustable parameters with minimal interference in the human process.*

**Keywords:** *automatic regulation, roughing stand, adjustment and indication of the position of the mechanisms of the draft group, mathematical model, structural diagram, functional scheme, complex of technical means, WinCC programs of SIEMENS*

*Рекомендовано до публікації: доц, канд. техн. наук, ДВНЗ «ПДТУ» Кравченко В. П.  
Стаття надійшла 19.05.2020 р.*

**УДК 621.771.24: 658.011.56**

**Добровольська Л. О., Серeda С. Є.**

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ АСУТП ПРОКАТКИ ЛИСТА В ЧИСТОВІЙ КЛІТІ ТЛЦ**

*У статті розглядаються питання модернізації АСУТП прокатки листа в чистовій клітці ТЛЦ. Модернізація АСУ противигибом робочих валків клітей забезпечить необхідну якість гарячої прокатки смуг, поліпшить техніко-економічні показники роботу стану в цілому, підвищить рівень охорони праці персоналу, запровадить візуалізацію технологічного процесу і управління противигибом за допомогою ЕОМ, а також забезпечить реєстрацію та*