

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕМУЛЯТОРА СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕПЛОВОГО СТАНУ КРИСТАЛІЗАТОРА МАШИНИ БЕЗПЕРЕРВНОГО ЛИТТЯ ЗАГОТОВОК

В.Л. Мещерякова, А.А. Козаченко, В.В. Дмитров
(Україна, Дніпро, НТУ «Дніпровська політехніка»)

Одним з найважливіших технологічних параметрів, що визначають процес отримання металопродукції та умови експлуатації обладнання є тепловий стан металу в рамках елементів систем виробництва безперервнолитої заготовки та її теплової обробки. При розробці нових технологічних рішень або при вдосконаленні технології для існуючого набору обладнання пошук раціональних параметрів взаємодії агрегатів та умов їх експлуатації необхідно проводити в рамках комплексного дослідження. Це пояснюється тим, що до теплового стану металу, які знаходяться в рамках різних агрегатів розглянутих виробничих систем, пред'являються різні вимоги, часто ворожі по своїй суті;

В даний час питання теплової роботи кристалізаторів машини безперервного лиття заготовок залишаються актуальними. Одним із способів вирішення проблеми оперативного контролю стану кристалізаторів є діагностика, моніторинг та прогнозування, що дозволить регулювати вплив на них стохастичних зовнішніх факторів.

Функціонування автоматизованих систем контролю кристалізатора дозволяє набагато скоротити обсяг лічильної роботи, роботи з оформлення звіту. Автоматизація системи отримання та обрахунку даних дозволяє швидко окупились завдяки своїй високій ефективності, економить кошти, за рахунок оптимізації співробітників, та відкриває можливості більш продуктивного ведення справ. Керівництво підприємством має можливість отримувати інформативний звіт і вести оперативний контроль роботи кристалізатора, прогнозувати знос деталей і визначати технічний стан обладнання.

Машина безперервного лиття заготовок (МБЛЗ) - машина для розливу сталі, що дозволяє перехід з рідкої сталі, в твердий стан у вигляді заготовок потрібних форм. Так само МБЛЗ виконує процес розливання металу і забезпечує послідовну, без зупинок, розливання певної кількості ковшів, а одержувана заготовка при цьому розрізається на мірні довжини відповідно до вимог закупівельників і потім відправляється на перекат до відповідних прокатних цехів. Основними технологічними ділянками МБЛЗ є кристалізатор і зона вторинного охолодження. Одним з найважливіших елементів, що визначають раціональну роботу сталеразливочного комплексу і якість безперервнолитої заготовки, є кристалізатор. Застосовуються кристалізатори різного типу для сортових і слябових МБЛЗ, проте загальна ідея роботи цього вузла полягає в

тому, що у внутрішню порожнину заливається рідкий метал з проміжного ковша, а теплота, яка виділяється при охолодженні розплаву відводиться через металеву стінку. Для сортових МБЛЗ застосовують гільзові кристалізатори, основним елементом яких є мідна гільза.

У кристалізаторі від рідкого металу відводиться 20-30% тепла. При чому в кристалізаторі необхідно сформувати тверду скоринку такої товщини, щоб вона на виході з кристалізатора могла витримати механічний вплив і ферростатичний тиск рідкого металу.

За допомогою відомих залежностей в рамках системи АСУ ТП в режимі реального часу можна визначати зміну значень всіх заявлених величин ($\bar{q}, \bar{k}, \bar{\alpha}, \delta_{\text{эф}}$) в залежності від таких аргументів як перепад температури охолоджуючої води в кристалізаторі, витрата первинної води, теплофізичні характеристики розливаної сталі, геометричні параметри гільзи кристалізатора та отримати детальну уяву про теплові процеси, які протікають в кристалізаторі в режимі реального часу

Доцільно для цього використати середовище розробки LabVIEW фірми National Instruments. Воно є зручним і потужним засобом проектування, що широко використовується в системах збору та обробки даних, для автоматизації та управління технологічними процесами в промисловості та наукових дослідженнях. У середовищі розробки LabVIEW створюється призначений для користувача інтерфейс (лицьова панель Front Panel), з керуючими елементами і індикаторами. Після створення призначеного для користувача інтерфейсу, додається програмний код на мові G, який управляє об'єктами на лицьовій панелі, тобто описує логіку роботи віртуального приладу. Цей код міститься на блок-діаграмі (Block Diagram) створюваного віртуального приладу. Графічна мова програмування G заснована на архітектурі потоків даних (Data Flow). Послідовність виконання операторів в таких мовах визначається не порядком їх слідування, а наявністю даних на входах цих операторів. Оператори зв'язуються між собою зв'язками, за якими і відбувається передача даних.

Таким чином розробка емулятора системи діагностики теплотехнічних процесів в кристалізаторі виконана в середовищі LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) - це середовище розробки та платформа для виконання програм, створених на графічній мові програмування «G» фірми National Instruments.

За допомогою функції Tab Control реалізуються вкладки на фронтальній панелі програми. Початкові значення параметрів задаються за допомогою функції Numeric Control, а тип даних цих значень вказано Double. Отримані значення відображаються на фронтальній панелі і реалізовані функцією Numeric Indicator. А за значеннями параметрів (q, k, α і δ) розраховуються середня щільність теплового потоку з поверхні заготовки в кристалізаторі (\bar{q}), середнє значення коефіцієнта теплопередачі в кристалізаторі (\bar{k}), середній коефіцієнт

тепловіддачі від кірки заготовки до внутрішньої поверхні гільзи кристалізатора ($\bar{\alpha}$), ефективна товщина газового зазору ($\bar{\delta}_{зф}$) та виводяться на екран у вигляді графіків за допомогою функцій Waveform Chart. При цьому функція Scope Chart (періодична розгортка діаграма) - показує одну криву даних, відображаючи її уздовж індикатора зліва направо. Кожне нове значення зображується на кривій праворуч від попереднього значення. Коли крива досягне правої межі індикатора, LabVIEW зітре криву і почне будувати її заново, починаючи з лівого кордону. Така періодична зміна зображення схожа на те, як це відбувається на екрані осцилографа. Індикатор Waveform Graph дозволяє подавати на його вхід два типи даних, які приведуть до побудови однієї кривої. При подачі на вхід одного масиву, значення його елементів інтерпретуються як точки на графіку, причому аргумент X при переході від однієї точки до іншої збільшується на 1, починаючи з $X = 0$. На вхід індикатора Waveform Graph може бути поданий також кластер типу waveform, що містить в якості компонентів: x_0 - початкове значення аргументів, його приріст Δx та масив даних. Швидкість роботи задається в секундах і за допомогою функції Wait (ms) встановлює в який період часу буде проходити кожна ітерація циклу.

На фронтальній панелі вкладки графічної частини також зображені два вимірювальних прилади. Це здійснюється за допомогою функції Gauge. На них відображені значення перепаду температури води, що охолоджується в кристалізаторі ($^{\circ}\text{C}$) і масові витрати води через кристалізатор (кг/с).

Для створення програми (exe файлу) необхідно натиснути правою кнопкою миші в проекті на Build Specifications і вибрати в контекстному меню відповідний пункт. На вкладці Information вказується ім'я збірки, ім'я файлу, папка, в якій буде зберігатися додаток, а також опис цієї збірки. На вкладці Source Files вказуються вихідні файли для додатка, тобто, віртуальні прилади, зображення, звуки та інші, які використовуються в програмі. На вкладці Destinations вказуються шляхи для зберігання вихідного exe-файлу і папки, де зберігатимуться допоміжні дані. На вкладці Source File Settings налаштовуються всі вихідні файли програми, встановлюється пароль, вказується який віртуальний прилад буде вихідним при запуску exe-файлу та ін. На вкладці Icon встановлюється іконка цього додатка. На вкладці Version Information вказується діюча версія додатка, назва продукту, авторські права, назва компанії, опис продукту.

Таким чином система дозволяє проводити моніторинг теплових процесів, відображення їх на графіку та емуляцію теплового стану води, а також виводити звіт в базу даних. Також за допомогою моніторингу можна визначити несправності в роботі кристалізатора.

У середовищі LabVIEW була синтезована програма «Kristallizator», в якій емуляються сигнали витрати охолоджуючої води в кристалізаторі (G) та перепади температур на вході і на виході з кристалізатора (Δt), а також на підставі заданих параметрів об'єкта розраховуються середня щільність теплового потоку

з поверхні заготовки в кристалізаторі (\bar{q}), середнє значення коефіцієнта теплопередачі в кристалізаторі (\bar{k}), середній коефіцієнт тепловіддачі від кірки заготовки до внутрішньої поверхні гільзи кристалізатора ($\bar{\alpha}$), ефективна товщина газового про зазору ($\delta_{\text{эф}}$)

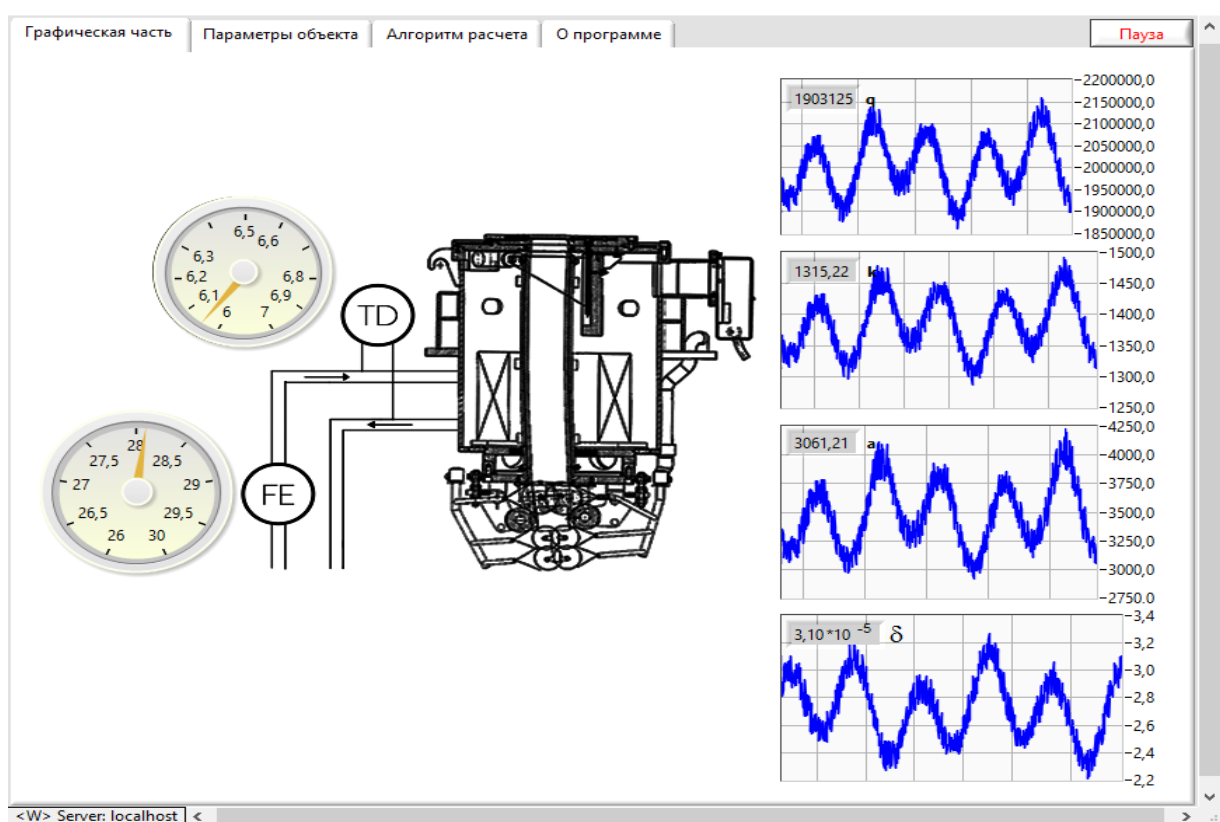


Рис. 1. Графічна частина програми «Kristallizator»

Також проаналізовано підходи до діагностики теплових процесів в кристалізаторі як величин, на підставі яких ведеться оперативна діагностика і запропоновано особливо виділити: середню щільність теплового потоку з поверхні заготовки в кристалізаторі, середнє значення коефіцієнта тепловіддачі в кристалізаторі, середній коефіцієнт тепловіддачі від кірки заготовки до внутрішньої поверхні гільзи кристалізатора і відповідно ефективну товщину газового зазору.

Таким чином, в рамках системи АСУ ТП в режимі реального часу можна визначати зміну значень всіх заявлених величин (\bar{q} , \bar{k} , $\bar{\alpha}$, $\delta_{\text{эф}}$) в залежності від таких аргументів як перепад температури охолоджуючої води в кристалізаторі, витрата первинної води, теплофізичні характеристики розливаної сталі, геометричні параметри гільзи кристалізатора. Синтезований емулятор системи

діагностики теплотехнічних процесів в кристалізаторі за допомогою програмного забезпечення LabVIEW ці функції забезпечує.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. Бірюков А.Б. Удосконалення теплотехнічних параметрів систем виробництва безперервної заготовки та її теплової обробки: Монографія / А.Б. Бірюков - Донецьк: Ноулідж (донецьке відділення), 2013.- 472 с
2. Васильєва А.В. Удосконалення підходів до діагностики теплових процесів в кристалізаторі МБЛЗ / А.В. Васильєва, А.Б. Бірюков // *Металургія XXI століття очима молодих / Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції студентів.* - Донецьк: ДонНТУ, 2016. - 306 с.
3. Теплоенергетика металургійного виробництва: навчальний посібник / Б.І. Басок, Ю.Л. Курбатов, А.Б. Бірюков, Е.В. Новикова. - Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2013, - 228 с.
2. Смирнов А.Н. Розвиток технологій і обладнання для безперервного розливання в Україні / Смирнов А.Н. // *Збірник праць міжнародної науково-практичної конференції «50 років безперервного розливання сталі в Україні», 3-4 листопада 2010 року* - Донецьк: ДонНТУ, 2010. - С. 9-17
3. Birukov A.B. Billet CC's mould heat engineering parameters monitoring system / A.B. Birukov // *Metallurgical and mining industry.* - 2014. - №1. - P. 44-48