

This article discusses the problem of the absence of a local automatic control system (LSAR) for heating the rail. In the work, a mathematical model of rail heating has been built, on the basis of which it is possible to create an effective ACS based on modern controllers. In this model, the optimal settings of the heating control regulator were calculated, and transient processes were built. The use of this model during the next modernization of production will improve the quality of products by eliminating possible human error and will stabilize the temperature of the rails in the heating zone with the required accuracy.

Keywords: rail hardening machine, REM, Matlab, regulator, rail heating, heating using high frequency current, heating ACS.

Рецензент: канд. техн. наук, доц. Кравченко В. П.

Стаття надійшла

УДК 620.172.251.282:621.771

Амурський Є. О., Кравченко В. П.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОЇ КОРЕКЦІЇ ТЕМПЕРАТУРИ ЗОН МЕТОДИЧНОЇ ПЕЧІ ПРИ КОЛИВАННЯХ ТИПУ (ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ) І ТЕМПУ ПРОКАТКИ НАГРІТИХ ЗАГОТІВОК

Розглядаються особливості роботи методичної печі великосортного прокатного стану в умовах значної кількості типів заготовок, сортаменту профілів і темпу прокатки. Поперечне січення заготовок в цих печах змінюються в значних межах – від самих легких (130x130мм), до важких (282 x320мм). Заготовки можуть також належати до одної із чотирьох груп марок сталі. Таке різноміття типів заготовок потребує відповідної зміни розподілення температури по зонам печі в процесі їх нагріву. Перед початком кампанії прокатки певного профілю заготовки потрібного січення поштучно завантажуються в піч, утворюючи безперервний потік. Їх кількість в печі визначається геометричними розмірами заготовок і довжиною активного поду печі

Окрім січення на температурний режим печі впливає також темп прокатки відповідних профілів і його коливання. Під темпом прокатки розуміють кількість виданих із печі і прокатаних заготовок в одиницю часу. Сумарна час прокатки заготовок, які знаходяться у печі визначає загальний час їх нагріву. Темп прокатки заготовок оперативно визначає коливання їх часу нагріву і тому широко використовується для своєчасної корекції температурного режиму печі.

Для своєчасної зміни цих температур пропонується існуючу систему автоматичного регулювання температури по зонам печі доповнити контурами корекції заданої температури опалювальних зон по типу заготовки і темпу прокатки. Представлена структура такої системи, яка містить термінал на посту оператора завантаження заготовок в піч, датчик кількості завантажених заготовок, встановлений на штовхачі і датчик видачі заготовок із печі. Всі ці засоби з'єднанні з контролером системи, який обробляє одержану інформацію і автоматично корегує задані значення температури зон печі.

Ключові слова: *Методична піч, сортамент профілів прокатки, параметри заготівок, темп прокатки, корекція температури зон, структура системи автоматизації.*

Постановка проблеми.

При широкому асортименті прокатної продукції великосортових станів виникає проблема ефективного керування температурним режимом методичних печей, для своєчасного і якісного нагріву заготівок (блємів). Кожний вид прокатної продукції (профіль) має певний тип (марка сталі і геометричні розміри) заготівок, а також темп їх прокатки. Зміна профілю прокатки і відповідно типу заготівки, в також темпу їх прокатки породжує необхідність автоматичного контролю цих величин і своєчасної автоматичної зміни температур по зонам печі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Роботі методичних печей і процесу нагріву в них заготівок присвячена значна кількість публікацій, що свідчить про актуальність теми. Так в статті [1] розглядається математична модель процесу нагріву квадратних і прямокутних заготівок в перехідному режимі, коли одночасно в печі нагріваються дві партії заготівок різного січення. Нагрівання великої партії заготовок однакового типорозміру і однієї марки сталі не викликає ускладнень при дотриманні заданої технології. Знаходження в робочому просторі заготовок різної товщини і хімічного складу, вимагає розробки такого перехідного режиму нагріву, який забезпечував би якість нагріву двох різних партій заготовок, близьке до технологічних вимог для цих партій.

Експериментальні дослідження динаміки нагріву металу у методичній показали [2], що найбільш оптимальним є режим плавного підігріву металу до температури початку пластичних деформацій і подальший інтенсивний нагрів його. При цьому час перебування металу в області високих температур скорочується до мінімально можливого, що мінімізує окалино-утворення.

Загальні відомості про процес нагріву заготовок в методичній нагрівальній печі математичний опис температурного профілю печі, статичні та динамічні моделі процесу нагрівання заготовок представлено в [3]. В роботі отримано математичний опис температурного профілю печі, статичні та динамічні моделі процесу нагрівання заготовок. Побудована структура моделі процесу нагрівання заготовок МНП з урахуванням продуктивності прокатного стану.

Робота [4] присвячена моделюванню процесу нагріву металу в методичній печі на основі кінцево-різницевої схеми. Розроблено прикладну програму для реалізації даної методики в середовищі Matlab, що дозволяє моделювати температурне поле по перерізу заготовки з плином часу. У статті [5] розроблено температурний режим методичної печі при одночасному нагріванні металу різного сортаменту. Технологія нагріву такої комбінації сортаменту призводить до того, що заготовки, які йдуть за попередньою партією повинні грітися той же самий час, що і попередня партія. Температурний режим в методичних печах зі струминними пальниками міняти складно, тому, наступна партія заготовок повинна грітися по температурному режиму попередньої партії до тих пір, поки заготовки іншого сортаменту повністю не заповнять весь робочий простір печі.

Проведений аналіз досягнень в цій області свідчить про наявність проблеми управління температурним режимом при одночасному нагріві заготівок різного січення, різних марок сталі і коливаннях темпу прокатки.

Мета дослідження.

Метою дослідження є вивчення зміни профілю (прокатної продукції), типу заготовок і коливань темпу прокатки в реальних умовах і розробка структури системи автоматичного контролю і регулювання температурного режиму методичної нагрівальної печі, яка б шляхом своєчасної зміни температурного режиму зон, забезпечувала якісний нагрів заготовок перед їх прокаткою.

Основний матеріал дослідження.

В методичних печах великосортного цеху, який розглядається, нагрівають заготовки чотирьох груп марок сталі. Профілі, на які прокатуються заготовки (блюми), і поперечне січення блюмів кожної марки сталі наведені у Таблиці 1.

Таблиця 1 – Групи марок сталей і типорозміри заготовок

		Тип	Балка № 14, 16	Кутник	Кутник	Швелер	Квадрат	Коло
Група марок сталі	I	профілю		100x100	200x200	№16у, №18у	60-150	80-120
		Заготовка (мм)	130x130 150x150	240x200	245x320	210x280	230x280	282x320
	II	Тип профілю	Балка №16, 16У і 18	Кутник	Коло 60			
		Заготовка мм	210x280	210x245	210x280			
	III	Тип профілю	Балка №14,16,16У,18, 20	Швелер №16У, 18У	Кутник 200x200			
		Заготовка мм	200x200	210x280	245x320			
	IV	Тип профілю	Рейка Р24	Коло 80-120				
		Заготовка мм	270x280	282x320				

Із таблиці видно, що січення заготовок, які нагріваються в цих печах змінюються в значних межах – від самих легких - 130x130 мм до важких – 282x320 мм. Таке різноманіття розмірів заготовок потребує відповідної зміни розподілення температури по зонам печі в процесі їх нагріву. Перед початком кампанії прокатки відповідного профілю заготовки потрібного січення поштучно завантажуються в піч, утворюючи безперервний потік. Їх кількість в печі визначається геометричними розмірами заготовок і довжиною активного поду печі, а загальна кількість нагрітих і виданих у прокат – потрібним об'ємом прокатки даного профілю. Так при довжині активного поду печі 28960 мм в ній розміщується 90 заготовок 282x320 мм.

Окрім січення на температурний режим печі впливає також темп прокатки відповідних профілів і його коливання. Під темпом прокатки розуміють [6, 7] кількість виданих із печі і прокатаних заготовок в одиницю часу. Сумарна кількість часу прокатки заготовок, які знаходяться у печі визначає загальний час їх нагріву. Темп прокатки заготовок оперативно визначає коливання їх часу нагріву і тому широко використовується для своєчасної корекції температурного режиму печі [6]. Коливання темпу прокатки заготовок

різних профілів наведені в Таблиці 2. Найбільший розбіг має темп прокатки кутника 200x200мм від 50 до 100 штук за годину при роботі 3-х печей.

Таблиця 2 – Темп прокатки при роботі 3-х методичних печей

Група сталі	Профіль прокату	Перетин заготовок, мм	Темп прокатки, при роботі 3-х печей (шт/год.)	Інтервал видачі заготовок (хв)
1	2	3	4	5
I	Балка № 14, 16	Квадр. 130-150	90-70	2,0- 2,6
	Кутник 100 x 100	240 x 200	95-70	1,9-2,6
	Кутник 200 x 200	245 x 320	100-50	1,8-3,6
	Швелер №16У і 18У	210 x 280	80-50	2,3-3,5
	Квадрат 60-150	230 x 280	130-60	1,4-3,0
	Коло 80-120	282 x 320	120-60	1,5-3,0
II	Балка № 16, 16У і 18	210 x 280	85-60	2,1-3,0
	Кутник 160 x 100	210 x 245	85-65	2,1-2,8
	Коло 60	210 x 280	100-70	1,8-2,6
III	Балка № 14, 16, 16У, 18, 20	200 x 200	80-60	2,3-3,0
	Швелер №16У і 18У	210 x 280	90-60	2,0-3,0
	Кутник 200 x 200	245 x 320	90-50	2,0-3,5
IV	Рейки Р24	270 x 280	100-70	1,8-2,6
	Коло 80-120	282 x 320	120-80	1,5-2,3

При коливаннях темпу прокатки певного профілю треба відповідним чином змінювати температуру в опалювальних зонах печі. На даний час це робить вручну нагрівальник печі, причому не завжди вчасно. Рекомендоване розподілення температури по зонам печі, при прокатці з номінальним темпом відповідних профілів, представлено в Таблиці 3.

Таблиця 3 – Рекомендований температурний режим по зонам печі при нагріві заготовок з номінальним темпом прокатки

Група сталі	Температура на початку печі, °С, не вище	Температура в томильній зоні, °С, не вище	Температура в основний верхній і нижній зварювальних зонах, °С, не вище			Температура в додатковій зварювальній зоні, °С, не вище
			Холодний посад	Теплий посад	Гарячий посад	
I	Не обмежена	1230	1350	1340	1310	1250
II	Не вище 950	1220	1340	1330	1300	1230
III	Не вище 950	1220	1330	1320	1300	1200
IV	Не вище 950	1220	1330	1320	1300	1180

При зміні типу заготовок, профілю і темпу прокатки необхідно своєчасно змінювати розподілення заданих температур по зонам печі. Для оперативної зміни цих температур пропонується існуючу систему автоматичного регулювання температури по зонам печі доповнити контурами корекції заданої температури опалювальних зон по типу заготовки і темпу прокатки.

Структура такої системи представлена на рисунку 1.

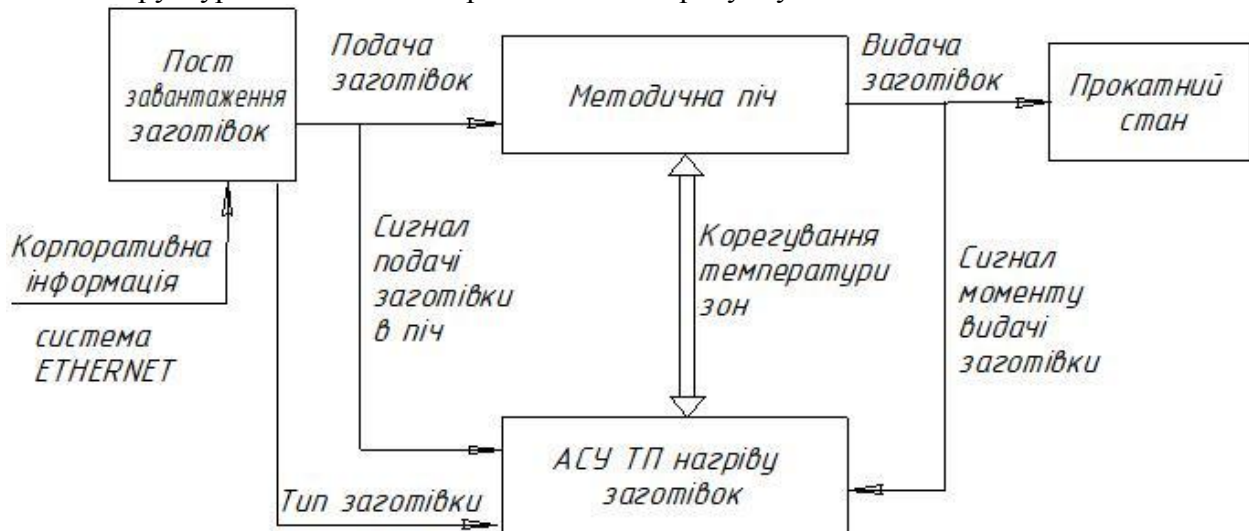


Рисунок 1 – Структура системи автоматичного регулювання температурного режиму в зонах печі з корекцією по типу заготовок і темпу їх прокатки

Корекція температур в зонах печі по параметрам заготовки відбувається наступним чином. На посту посаду заготовок в методичну піч перед подачею першої заготовки нового січення, оператор на своїй робочій станції встановлює тип профілю прокатки, січення, групу марок сталі і кількість заготовок, яка буде посаджена в піч.

Ця інформація по локальній мережі поступає в контролер системи. На штовхачі, який подає заготовки в піч встановлюється датчик дискретних сигналів. При кожній подачі заготовки в піч датчик видає в контролер системи відповідний сигнал. Кількість таких сигналів відповідає кількості поданих у піч заготовок. Контролер по кількості посаджених у піч заготовок і довжині поду визначає їх розташування у печі. При досягненні перших заготовок нового типу відповідної опалювальної зони, контролер поступово починає змінювати задану температуру зони таким чином, щоб при заповненні всієї зони заготовками заданого типу була встановлена задана, згідно технологічної інструкції, температура.

Зміна температур по зонам печі в залежності від темпу прокатки починає діяти при видачі із печі першої нагрітої заготовки нового типу. На рольгангу видачі заготовок встановлюється фотоелектричний датчик. Він контролює момент видачі заготовки і посилає дискретний сигнал в контролер системи. По кількості виданих заготовок за певний період часу, контролер визначає поточний темп прокатки. Порівнюючи його з номінальним (для заданого типу прокатного профілю), встановлює величину відхилення. Пропорційно цьому відхиленню контролер змінює задане значення температури в і-й зоні згідно виразу:

$$T_{i \text{ зад кор}} = T_{i \text{ зад ном}} \pm k_i \Delta P;$$

Інформаційні технології

де - $T_{i \text{ зад ном}}$ – номінальне задане значення температури в i -й зоні згідно технологічної інструкції;

$T_{i \text{ зад кор}}$ – зкореговане по темпу прокатки задане значення температури в i -й зоні;

k_i – коефіцієнт пропорційності для i -ї зони;

ΔP – відхилення поточного значення темпу прокатки від номінального.

Автоматична корекція заданих температур в зонах печі по типу заготовки і темпу прокатки підвищить якість нагріву і забезпечить стабільні умови прокатки.

ВИСНОВКИ

1. Для методичних печей одного з великосортних прокатних станів проаналізовані типи прокатних профілів, типи і об'єми нагріву заготовок для них.
2. Оцінені діапазони зміни темпу прокатки різних профілів із різних типів заготовок.
3. Запропонована структура системи автоматичного регулювання температури в зонах печі з корекцією по типу заготовки і темпу її прокатки.

Список використаних джерел:

1. Гинкул, С. І. Математичне моделювання температурного режиму нагрівальних печей прокатних станів при одночасному нагріванні металу різного сортаменту / С. І. Гинкул // Наукові праці ДонНТУ. Металургія. – 2012. – № 1 (14). – С. 178–184.
2. Котов, І. В. Досвід експлуатації методичних нагрівальних печей прокатного виробництва на РУП «БМЗ» / І. В. Котов // Лиття і металургія. – 2004. – № 3 (31). – С. 138–140.
3. Федюн, Р. В. Математична модель процесу нагріву заготовок в методичній нагрівальній печі / Р. В. Федюн // Наукові праці ДонНТУ. Металургія. – 2011. – № 21 (183). – С. 61–68.
4. Малков, П. С. Використання методів кінцевих різниць для дослідження нагріву металу в методичних печах / П. С. Малков // Наукові праці ДонНТУ. Металургія. – 2013. – № 14 (78). – С. 59–62.
5. Гинкул, С. И. Математическое моделирование температурного режима нагревательных печей прокатных станов при одновременном нагреве металла различного сортамента / С. И. Гинкул, А. И. Туяхов, Ю. С. Сибирицева // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Металургія. – 2012. – № 1. – С. 178–185.
6. Климовицкий, М. Д. Оптимизация работы нагревательных печей / М. Д. Климовицкий. – М. : Металлургия, 1965. – 165 с.
7. Малый, С. А. Автоматизация методических печей / С. А. Малый / – М. : Металлургиздат, 1962. – 104 с.

Амурский Э. А., Кравченко В. П.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗОН МЕТОДИЧЕСКОЙ ПЕЧИ ПРИ КОЛЕБАНИЯХ ТИПА И ТЕМПА ПРОКАТКИ НАГРЕТЫХ ЗАГОТОВОК

Рассматриваются особенности работы методической печи крупносортового прокатного прокатного стана в условиях значительных колебаний количества типов заготовок, сортамента профилей и темпа прокатки. Поперечное сечение заготовок в этих печах изменяется в значительных пределах – от самых легких (130x130мм), до тяжелых (282x320мм). Заготовки также могут принадлежать одной из четырех групп марок стали. Такое разнообразие типов заготовок требует соответствующего изменения распределения температуры по зонам печи в процессе их нагрева. Перед началом кампании прокатки определенного профиля заготовки нужного сечения поштучно загружаются в печь, образуя непрерывный поток. Их количество в печи определяется геометрическими размерами заготовок и длиной активного пода печи.

Кроме сечения на температурный режим влияет также темп прокатки соответствующих профилей и его колебания. Под темпом прокатки понимают количество выданных из печи и прокатанных заготовок в единицу времени. Суммарное время прокатки заготовок, которые находятся в печи определяет общее время их нагрева. Темп прокатки оперативно определяет колебания их времени нагрева и потому широко используется для своевременной коррекции температурного режима печи.

Для своевременного изменения этих температур предлагается существующую систему автоматического регулирования температуры по зонам печи дополнить контурами коррекции заданной температуры отапливаемых зон по типу заготовки и темпу прокатки. Представлена структура такой системы, которая содержит терминал на посту оператора загрузки заготовок в печь, датчик количества загруженных заготовок, установленный на толкателе и датчик выдачи заготовок из печи. Все эти средства соединены с контроллером системы, который обрабатывает полученную информацию и автоматически корректирует заданные значения температуры зон печи.

Ключевые слова: *Методическая печь, сортамент профилей прокатки, параметры заготовок, темп прокатки, температура зон печи, коррекция температуры зон, структура системы автоматизации.*

Amursky E. O., Kravchenko V. P.

SYSTEM FOR AUTOMATIC CORRECTION OF THE TEMPERATURE OF THE ZONES OF THE CONTINUOUS FURNACE WITH FLUCTUATIONS IN THE TYPE AND RATE OF ROLLING OF HEATED BILLETS

The features of the operation of a continuous large-section rolling furnace are considered. rolling mill in conditions of significant fluctuations in the number of types of billets, assortment of profiles and rolling rate. The cross-section of the blanks in these furnaces varies considerably - from the lightest (130x130mm) to the heaviest (282x320mm). Blanks can also belong to one of four groups of steel grades. Such a variety of types of billets requires a corresponding change in the temperature distribution over the zones of the furnace during their heating. Before the start of the rolling campaign of a certain profile, the billets of the required section are loaded into the furnace piece by piece, forming a continuous flow. Their number in the furnace is determined by the geometric dimensions of the blanks and the length of the active hearth of the furnace.

In addition to the section, the temperature regime is also influenced by the rolling rate of the corresponding profiles and its fluctuations. The rolling rate is understood as the number of billets

discharged from the furnace and rolled per unit of time. The total rolling time of the billets that are in the furnace determines the total heating time. The rolling rate quickly determines the fluctuations in their heating time and therefore is widely used for timely correction of the furnace temperature.

To change these temperatures in a timely manner, it is proposed to supplement the existing system of automatic temperature control in the furnace zones with circuits for correcting the preset temperature of the heated zones by the type of workpiece and the rolling rate. The structure of such a system is presented, which contains a terminal at the operator's station for loading blanks into the furnace, a sensor for the number of loaded blanks mounted on a pusher and a sensor for dispensing blanks from the furnace. All these means are connected to the system controller, which processes the information received and automatically corrects the specified.

Key words: Continuous furnace, assortment of rolling profiles, billet parameters, rolling rate, furnace zone temperature, zone temperature correction, automation system structure.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. ДВНЗ «ПДТУ» Самотугін С. С.
Стаття надійшла 11.11.2019 р.

УДК 004.896

Проніна О. І., Ховалець А. С.

ПРОФОРІЄНТАЦІЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕКСПЕРТНОГО СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ

У статті розглядається проблема профорієнтаційної самовизначеності при виборі майбутньої професії. Метою даної статті є побудова експертної системи для перевірки спрямованості майбутньої професії випускників шкіл.

Представлені варіанти вирішення питання визначення майбутньої професії у вигляді аналіз літературних джерел. Оскільки завдання вибору професії не можливо задати в числовій формі та цілі дослідження не можна виразити в точно певній цільовій функції, та не існує алгоритмічного рішення то доцільним є використання побудови системи у вигляді експертної системи. Як для предметної галузі що не є формалізованою. В експертну систему було закладено експертні знання, що застосовуються при тестуванні на профорієнтацію в методиці професора Климова. При цьому було модифіковано процес розрахунку процентного співвідношення визначення напрямку підготовки. Було описано основні критерії, що лягли в основу розподілу навичок людини при виборі професії, що дозволяє визначити рівень мотивації людини до різних видів діяльності.

Розроблено експертну систему у вигляді веб-сервісу та наведено її інтерфейс та опис розрахунку процентного співвідношення до категорії майбутнього напрямку підготовки. Було проведено дослідження, яке показало, що співпадіння вибору студентів, що вже мають досвід роботи зі своєї спеціальністю та процент визначення спеціальності експертною системою полягає в одних діапазонах. Результати роботи експертної системи є адекватними. Система може бути корисною при тестуванні випускників шкіл, для більш