

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

УДК 669.012.9 .

В. И. ТИМОШПОЛЬСКИЙ, д-р техн. наук (БНТУ),
В. В. ФИЛИППОВ, канд. техн. наук,
В. А. ТИЩЕНКО, **В. А. МАТОЧКИН** (РУП БМЗ*),
И. А. ТРУСОВА, канд. техн. наук,
С. М. КАБИШОВ (БНТУ)

ОСВОЕНИЕ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ В ЛИНИИ ПРОКАТНОГО СТАНА 150 РУП БМЗ

В состав комплекса оборудования стана 150, который был пущен в эксплуатацию в сентябре 2000 г. на БМЗ, входит уникальная нагревательная печь с механизированным подом новой конструкции. Печь (рис. 1) предназначена для нагрева непрерывнолитых заготовок с номинальным сечением 125 × 125 мм и 163 × 163 мм длиной от 10 до 12 м, посад и выдача металла производятся с боковых сторон печи. Общая длина печи 20,35 м, по расположению горелок она разделена на три зоны: предварительного нагрева, нагрева и выдержки. Нагрев металла в первых двух отапливаемых зонах осуществляется боковыми длиннофакельными горелками типа GR16 (4 шт.) и GR22 (6 шт.), в зоне выдержки – фронтальными длиннофакельными горелками GR8 (8 шт.), разработанными фирмой ITALIMPIANTI. Печь оборудована металлическим рекуператором с температурой подогрева воздуха до 500 °С.

Следует отметить, что в связи с оригинальной конструкцией печной установки и ее отличительными особенностями (переворот заготовки (кантовка) на 360° в рабочем пространстве печи, небольшие габариты печи, наличие пережима между зоной предварительного нагрева и зоной нагрева) опыт ее эксплуатации в мировой практике отсутствует.

В процессе освоения проектной мощности оборудования стана 150 были проведены комплексные исследования тепловой работы нагревательной печи, включающие:

- балансовые испытания и анализ предлагаемой (проектной) технологии при различных тепловых нагрузках;
- экспериментально-теоретические разработки;
- выбор ресурсосберегающих температурно-тепловых режимов, обес-

* Республиканское унитарное предприятие «Белорусский металлургический завод».

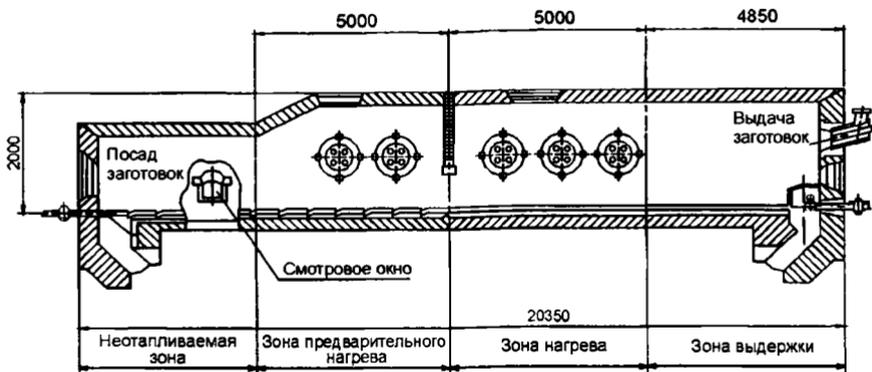


Рис. 1. Схема печи стана 150

печивающих снижение удельного расхода условного топлива и уменьшение окалинообразования;

- обоснование возможности увеличения проектной производительности нагревательной печи.

В процессе проведения балансовых испытаний фиксировали основные параметры работы печи: производительность, расходы газа и воздуха по зонам, температуру печи, конечную температуру металла, температуру металла в конце прокатки, температуру подогрева воздуха, температуру уходящих газов до и после рекуператора, температуры наружной и внутренней поверхностей печи в различных точках. Полученные данные использованы для проведения расчетов тепловых балансов. Анализ результатов показал, что средний удельный расход условного топлива при работе печи по проектной технологии находится на уровне 40 – 48 кг у.т/т в зависимости от производительности, что свидетельствует об имеющихся резервах нагревательной печи с точки зрения интенсификации процесса нагрева.

В связи с отмеченным на последующем этапе исследований разработали математическую модель нагрева непрерывнолитой заготовки:

- уравнение теплопроводности

$$\rho(T)c(T)\frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda(T)\frac{\partial T}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\lambda(T)\frac{\partial T}{\partial y} \right], \quad (1)$$

где $R_1 \geq x \geq -R_1$; $R_2 \geq y \geq -R_2$; $\infty > \tau \geq 0$;

- граничные условия третьего рода и условия симметрии:

$$\lambda(T)\frac{\partial T(R_1; y; \tau)}{\partial x} = \sigma [T_{нч}^4 - T^4(R_1; y; \tau)] + \alpha [T_{нч} - T(R_2; y; \tau)], \quad (2)$$

$$\lambda(T) \frac{\partial T(R_2; x; \tau)}{\partial y} = \sigma [(T_{\text{пч}}^4 - T^4(R_2; x; \tau)) + \alpha [T_{\text{пч}} - T(R_2; x; \tau)]], \quad (3)$$

$$\frac{\partial T(0; y; \tau)}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial T(x; 0; \tau)}{\partial y} = 0 ; \quad (4)$$

• начальное условие

$$T(x; y; 0) = f(x; y) = T_0. \quad (5)$$

Численная реализация математической модели (1) – (5) осуществлена методом сеток. Для параметрической настройки математической модели использованы результаты балансовых испытаний и промышленных экспериментов как для условий стана 150 [1], так и для условий печей с механизированным подом станов 320 и 850 БМЗ, проведенных ранее [2, 3].

Таблица 1

Режимы нагрева металла в печи стана 150

Профиль, мм	Марка стали	Шаг рас- кладки загото- вок, мм	Время нагрева, мин	Температура по зонам печи, °С		
				предвари- тельного нагрева	нагрева	вы- держки
Ø 5,5 – 7,5	Ст0сп – Ст5сп, Св-08ГА, Св-08ГС, Св-08Г2С, 1008, 1010, 1018, 10 – 50, 35ГС, С18Д, С38Д, S235JRG2	250	100– 120	920–970	1165– 1215	1165– 1215
			120– 140	920–970	1140– 1190	1150– 1200
	70КО, 70К – 85К, 70КЧЛ, 70Б – 85Б, 70БЛ, 70П – 85П, 60 – 85, 60Г – 70Г, 1060 –1080, 20Г2Р, 70КЗС – 85КЗС, С76Д	250	100– 120	920–970	1130– 1170	1150– 1190
			120– 140	920–970	1110– 1150	1120– 1160
Ø 8,0 – 12,5	Ст0сп – Ст5сп, Св-08ГА, Св-08ГС, Св-08Г2С, 10 – 50, 35ГС, 1008, 1010, 1018, BSt500S, At500C, A500C	250	80–100	930– 1000	1180– 1230	1185– 1240
			100– 120	920–970	1165– 1215	1165– 1215
	70П – 85П, 60 – 85, 60Г – 70Г, 60С2А, 1060 – 1080, 8385, 20Г2Р	250	80–100	920–980	1140– 1190	1145– 1190
			100– 120	920–970	1130– 1170	1150– 1190

В дальнейшем с использованием математической модели нагрева непрерывнолитой заготовки в печи стана 150 и созданного на ее основе программного продукта была выполнена серия численных экспериментов при варьировании производительности печи (времени нагрева), марки стали, температурного режима печи и др. На основании анализа полученных данных разработаны рациональные режимы нагрева, обеспечивающие требуемую по технологической инструкции температуру нагрева непрерывнолитой заготовки при увеличении проектной мощности печи (табл. 1).

С целью определения технико-экономических показателей работы печи по разработанным режимам проведены расчеты тепловых балансов печи, итоговые результаты которых представлены в табл. 2.

Таблица 2

Технико-экономические показатели тепловой работы нагревательной печи стана 150

Производительность P , т/ч	Удельный расход условного топлива b , кг у.т/т	КПД, %
58,5	42,2	52,3
64	41,5	53,1
70	40,95	53,8
78	40,3	54,7
88	39,7	55,6
100	39,3	55,9

Анализ полученных результатов показывает, что удельный расход условного топлива при нагреве по разработанным рациональным режимам снижен на 2 – 3 кг у.т/т, окиснообразование – на 1 – 2,5 кг/т в зависимости от производительности печи и марки стали. При этом такие характеристики, как удельный расход условного топлива (39 – 42 кг у.т/т), КПД (52 – 56%), соответствуют лучшим мировым аналогам.

На основании результатов выполненных исследований внесены изменения по температурным режимам нагрева заготовок в зависимости от профиля в технологическую инструкцию (изменение № 4 к ВТИ-П-13 – 2000).

Экономический эффект от внедрения разработанных температурно-тепловых режимов нагрева заготовок в печи стана 150 составил 174,2 тыс. у. е.

ЛИТЕРАТУРА

1. Освоение технологии нагрева непрерывнолитых заготовок в печи стана 150 РУП «БМЗ» / В. И. Тимошпольский, В. В. Филиппов, В. А. Тищенко и др. // Изв. вузов и энерг. объедин. СНГ. Энергетика. – 2001. – № 5. – С. 64 – 70.
2. Тимошпольский В. И. Теплотехнологические основы металлургических процессов и агрегатов высшего технического уровня. – Мн.: Наука і тэхніка, 1995. – 255 с.
3. *Filippov V. V., Timoshpolsky V. I., Trusova I. A.* Belorussian Metallurgical Plant (BMZ) – a modern Enterprise for production and research. – Voest-Alpine. Austria, 2001. – 214 p.