

$$M = 21,94 + 1,68C + 0,02C^2 \quad (1)$$

– Ж Межэгейского месторождения

$$M = 21,62 + 1,52C + 0,02C^2. \quad (2)$$

Выводы: Установлено, что при использовании в качестве восстановителей концентратов ЦОФ «Кузнецкая» (состоящего из углей марок: газовый жирный (ГЖ) 50 % и жирный (Ж) 50 %) и угля марки Ж Межэгейского месторождения полное восстановление железа происходит при их расходе 20 кг / 100 кг шлама и температурах не ниже 900 °С.

Список использованных источников

1. Шахпазов Е.Х., Дорофеев Г.А. Новые синтетические композиционные материалы и технология выплавки стали с их использованием. – М.: Интерконтакт Наука, 2008. – 272 с.
2. Черепанов К.А., Абрамович С.М., Темлянцев М.В., Темлянцева Е.Н. Рециклинг твердых отходов в металлургии. – М.: Флинта: Наука, 2004. – 212 с.
3. Кузнецов С.Н., Волынкина Е.П., Протопопов Е.В., Зоря В.Н. Металлургические технологии переработки техногенных месторождений, промышленных и бытовых отходов. – Новосибирск: СО РАН, 2014. – 294 с.
4. Ульянов В.П., Булавин В.И., Бутенко А.Н. Термическая переработка нефть- и железосодержащих промышленных отходов с получением товарной продукции // Интегрированные технологии и энергосбережение. – 2004. – № 3. – С. 48–53.
5. Тайц Е.М. Кокс и железокс на основе брикетирования. – М.: Металлургия, 1965. – 173 с.
6. Школлер М.Б., Протопопов Е.В., Кузнецов С.Н., Темлянцев М.В., Иванов В.П. Разработка основ технологии адсорбционного обезвоживания и термохимического окускования конвертерных шламов // Вестник горо-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии. – 2016. Вып. 37. – С. 46–53.
7. Кузнецов С.Н., Школлер М.Б., Протопопов Е.В., Темлянцев М.В., Фейлер С.В. Технологические основы адсорбционного обезвоживания и термохимического окускования конвертерных шламов // Известия вузов. Черная металлургия. – 2017. – № 4. – С. 268–275.
8. Трусов Б.Г. Программная система ТЕРРА для моделирования фазовых и химических равновесий при высоких температурах // III межд. симпозиум «Горение и плазмохимия». 24 – 26 августа 2005. Алматы, Казахстан. – Алматы: Казак университеті, 2005. – С. 52–57.
9. Кузнецов С.Н., Рыбенко И.А., Протопопов Е.В., Темлянцев М.В., Фейлер С.В. Термодинамическое моделирование процессов восстановления железа при термохимическом окусковании конвертерных шламов // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2017. – № 1. – С. 25–28.

УДК 669.046

О. В. Кузнецова, К. С. Коноз, М. В. Темлянцев, Н. В. Темлянцев
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
г. Новокузнецк, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕРАВНОМЕРНОСТИ НАГРЕВА ЗАГОТОВОК В МЕТОДИЧЕСКИХ ПЕЧАХ С МЕХАНИЗИРОВАННЫМ ПОДОМ НА УГАР МЕТАЛЛА

Аннотация

В работе проведено исследование влияния неравномерности нагрева заготовок по длине на угар металла в методических печах с механизированным подом. Установлено, что повышение неравномерности нагрева поверхности заготовки приводит к росту угара, причем эта зависимость имеет нелинейный характер.

Ключевые слова: методические печи, неравномерность нагрева, угар стали.

Abstract

The work investigated the effect of the uneven heating of the workpieces along the length of the metal oxidation in the methodical furnaces. It is found that increasing the uneven heating of the surface of the workpiece leads to increased oxidation, and this dependence has nonlinear character.

Keywords: reheating furnace, uneven heating, waste steel.

Методические печи с механизированным подом получили широкое распространение для нагрева заготовок перед прокаткой. Одним из важных показателей качества нагрева металла [1] в печах, наряду с отсутствием трещин от температурных напряжений [2], является равномерность распределения температур по толщине, длине и периметру заготовок. В ряде публикаций [3, 4] отмечено, что для методических печей с механизированным подом характерна достаточно высокая неравномерность нагрева металла по длине заготовок, причиной которой являются зазоры между элементами шагающего пода или водоохлаждаемые шагающие балки. При фиксировании токов I двигателей прокатного стана отчетливо видны низкочастотные колебания, число которых соответствует количеству локальных участков проката с пониженной температурой («темных пятен»), а величина колебания нагрузки зависит от величины колебания температуры.

Высокая температурная неравномерность по длине заготовок имеет ряд негативных последствий, отрицательно влияющих на работу нагревательных печей, прокатного стана и качество металлопродукции:

- неравномерность геометрических размеров и массы погонного метра по длине раската;
- периодическое увеличение усилий прокатки, и как следствие, увеличение вероятности поломок валков;
- увеличение расхода электроэнергии на прокатку профилей;
- исключение возможности расширения сортамента за счет прокатки высокоточных и облегченных и облегченных профилей, стабильного выполнения размеров готового проката в поле минусовых допусков;
- создает колебания механических характеристик проката по длине раската;
- усложняет настройки стана, что приводит к повышению брака и второго сорта по геометрическим размерам профилей;
- повышенный угар и расход топлива при нагреве.

Чем меньше температура металла в области темного пятна, тем выше сопротивление металла пластической деформации, усилия P стана и расход электроэнергии на прокатку. Снижение температуры, например, стали марки 3пс с 1300 до 1150 °С приводит к увеличению сопротивления стали пластической деформации, а соответственно и усилий прокатки в 1,55 раза, в среднем, примерно на 3 % на каждый 10 °С. В связи с этим необходимость получения требуемой среднemasсовой конечной температуры металла (чтобы прокатать темные пятна) приводит к неизбежности повышения температуры нагрева остальной части заготовки, где нет темных пятен. Это приводит к общему росту угара, обезуглероживания стали, ухудшает условия работы футеровки пода печи, снижает срок ее службы.

На рис. 1 схематично представлена зависимость усилий прокатки и нагрузки электродвигателей клетки от температуры заготовки для различной неравномерности температуры по длине заготовки. При одинаковой средней температуры металла более равномерный прогрев (рис. 1, в) приводит к меньшей вероятности роста зерна, перегрева, пережога стали и оплавления окалины. Он позволяет интенсифицировать обжатия и повысить производительность процесса прокатки. Высокая неравномерность нагрева (рис. 1, а) напротив, повышает вероятность возникновения брака нагрева, приводит к значительным колебаниям усилий стана и нагрузки электродвигателей.

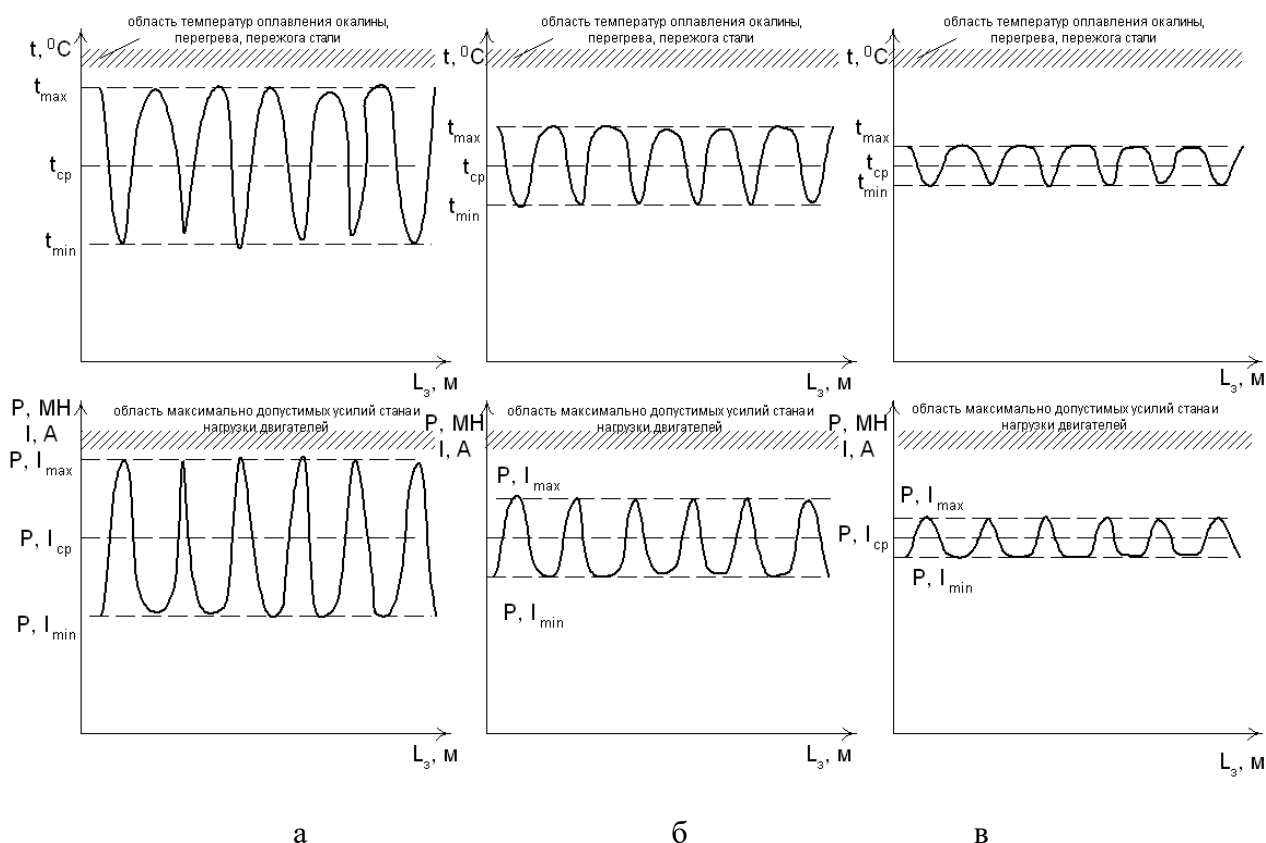


Рис. 1. Зависимость усилий прокатки и нагрузки электродвигателей клетки от температуры заготовки для различной неравномерности температуры по длине заготовки

В настоящей работе проведено исследование влияния неравномерности нагрева поверхности заготовки на угар металла. На основе экспериментальных данных замеров тепловизором температур поверхности заготовок, нагретых в печи с шагающим подом одного из российских металлургических предприятий проведен статистический анализ и с помощью метода наименьших квадратов получено уравнение регрессии распределения температуры t по длине l заготовки:

$$t = t^0 + A \cdot \cos(B \cdot l), \quad (1)$$

где t^0 – средняя температура поверхности заготовки, °C; A и B – эмпирические коэффициенты, зависящие от режима нагрева и количества зазоров между элементами пода (участков теплоотвода).

Для примера на рисунке 2 представлены результаты одного из вариантов статистической обработки данных. В уравнении (1) $t^0 = 1214$ °C; $A = 60$; $B = 3,76$. Максимальное значение температуры поверхности 1274 °C, минимальное 1154 °C, перепад температур Δt соответственно 120 °C. Зависимость имеет вид косинусоиды. Торцы заготовок характеризуются более высокой температурой нагрева, а количество температурных минимумов (темных пятен) соответствует количеству и месту расположения зазоров между элементами пода, оказывающими охлаждающий эффект.

Используя уравнение (1) и данные по кинетике окисления кремнистых рессорно-пружинных сталей [5–10] провели оценку влияния неравномерности нагрева на угар металла. Сравнительные расчеты вели на примере выдержки стали марки 60С2ХА при соответствующей температуре по длине заготовки в течении 1 мин.

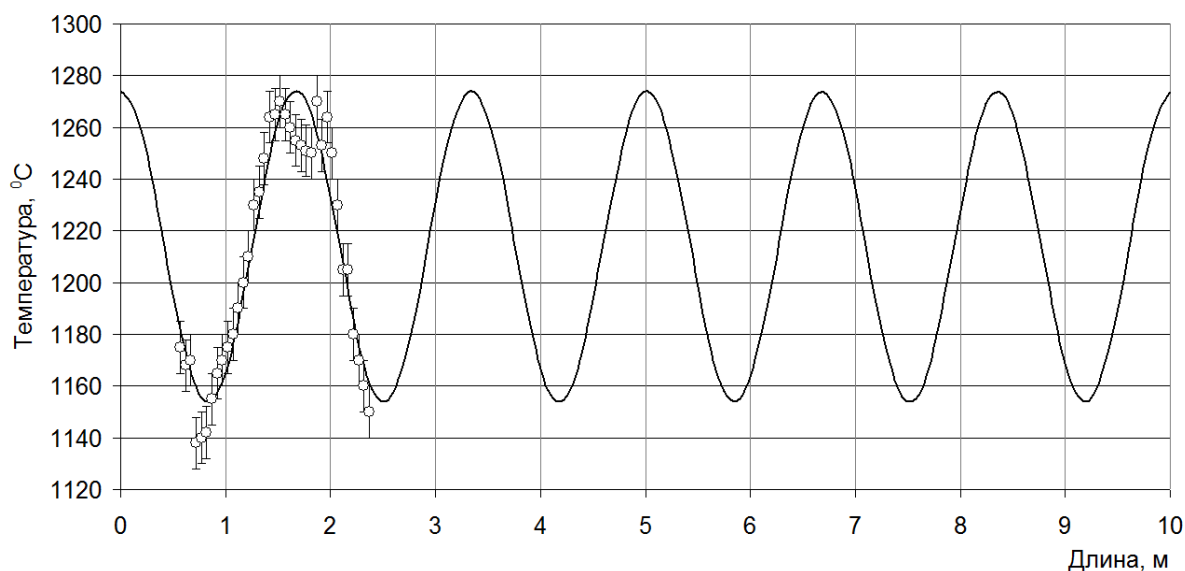


Рис. 2. Распределение температуры по длине заготовки (точки – экспериментальные данные, сплошная линия – расчетные)

На рисунке 3 показаны результаты исследования. Установлено что повышение неравномерности нагрева поверхности заготовки приводит к росту угара, причем эта зависимость имеет нелинейный характер. При одинаковой средней по длине температуре 1214 °C и перепаде температур 100 °C угар возрастает на почти 2 % по сравнению с равномерным нагревом, а при перепаде в 200 °C – на 7 %.

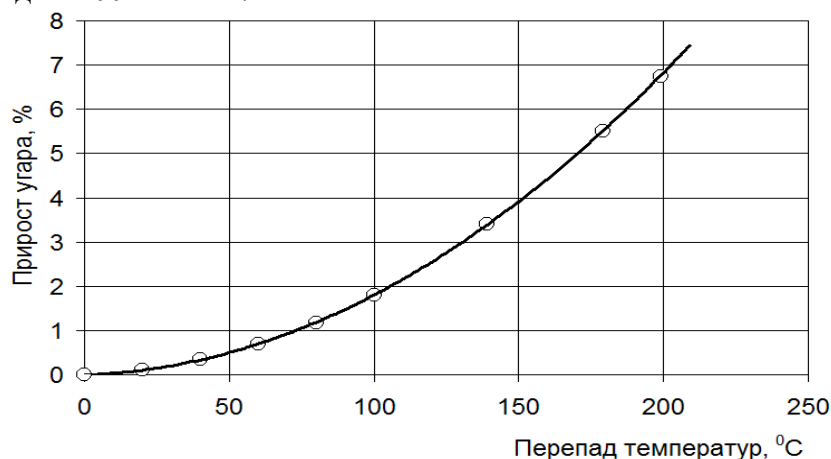


Рис. 3. Зависимость прироста угара от неравномерности нагрева поверхности заготовки

Список использованных источников

1. Нагрев под прокатку непрерывнолитых заготовок рельсовой электростали / М.В. Темлянцев, В.В. Гаврилов, Л.В. Корнева, А.Ю. Сюсюкин, Н.В. Темлянцев // Изв. вузов. Черная металлургия. 2005. № 6. С. 69, 70.
2. Темлянцев М.В., Стариков В.С. Исследование разрушения заготовок из конструкционных рессорно-пружинных сталей с катаной и литой структурой при комбинированных тепловых обработках // Изв. вузов. Черная металлургия. 2003. № 4. С. 56–58.
3. Освоение печей с шагающим подом и снижение расхода топлива / А.А. Кугушин, Б.И. Сельский, Б.Н. Серебренников и др. // Сталь. 1980. №10. С. 881–884.
4. Освоение и исследование нагревательных печей с шагающими балками / В.Л. Гусовский, Л.А. Пинес, Э.И. Спивак и др. // Сталь. 1970. №9 С. 849–853.

5. Темлянцев М.В., Темлянцев Н.В. Высокотемпературное окисление и обезуглероживание кремнистых пружинных сталей // Заготовительные производства в машиностроении. 2005. № 3. С. 50–52.

6. Темлянцев М.В., Темлянцев Н.В. Исследование химического состава окалины пружинной стали 60С2 // Изв. вузов. Черная металлургия. – 2005. – № 2. – С. 75–76.

7. Высокотемпературное окисление и обезуглероживание рессорно-пружинной стали марки 60С2ХА / М.В. Темлянцев, К.С. Слажнева, А.Ю. Дзюба, А.А. Уманский, Н.В. Темлянцев // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии: Сборник научных трудов. – Новокузнецк: СибГИУ, 2014. – Вып. 33. – С. 55–63.

8. Темлянцев М.В., Михайленко Ю.Е. Окисление и обезуглероживание стали в процессах нагрева под обработку давлением. – М.: Теплотехник, 2006. – 200 с.

9. Нагрев стальных слябов / В.Н. Перетяtko, Н.В. Темлянцев, М.В. Темлянцев, Ю.Е. Михайленко. – М.: Теплотехник, 2008. – 192 с.

10. Филиппова М.В., Перетяtko В.Н., Темлянцев М.В. Разработка и внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий обработки металлов давлением. – Новосибирск: СО РАН, 2016. – 269 с.

УДК 662.957.8

Н. Б. Лошкарев, А. Х. Мухамадиева

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

ТЕПЛООБМЕННЫЙ БЛОК С ПЛАВКИМ ЯДРОМ ДЛЯ РЕГЕНЕРАТИВНОЙ ГОРЕЛКИ

Аннотация

Статья посвящена теплообменному блоку для регенеративных горелок. В данной статье приведен расчет массы плавкого ядра, размеров секции и времени перекидки регенеративного блока, состоящего из десяти секций с плавким ядром, температура плавления ядра которых, в соседних секциях отличается примерно на 100 °С. Это позволяет поддерживать постоянную температуру секции, удерживая эту температуру равной температуре плавления металла в данной секции, снимая с ее поверхности нагреваемым воздухом теплоту, или отдавая поверхности, теплоту продуктов сгорания, выделяющуюся при кристаллизации или поглощаемую при плавлении металлического ядра. Расчет обосновывает возможность снижения габаритов регенеративной насадки для горелки мощностью 200 кВт, и увеличение времени перекидки, при этом температура подогрева воздуха остается постоянной.

Ключевые слова: теплообменник, регенеративный теплообменник, регенеративная горелка, плавкое ядро, теплоемкость, теплота плавления.

Abstract

The article is devoted to the heat exchanger block for regenerative burners. In this paper, we calculate the mass of the fusible core, the dimensions of the section, and the time for the transfer of the regenerative block consisting of ten sections with a fusible core whose melting point in the neighboring sections differs by approximately 100 °C. This makes it possible to maintain the constant temperature of the section, keeping this temperature equal to the melting point of the metal in this section, removing heat from its surface by heating the air, or giving away the surfaces, the heat of the combustion products released during crystallization or absorbed during melting of the metal core. The calculation justifies the possibility of reducing the dimensions of the regenerative nozzle