

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ТЕХНИКА ПРОИЗВОДСТВА.....	8
1.1 УСТРОЙСТВО И ОБОРУДОВАНИЕ СПЦ-1	8
1.2 ШЕСТИЗОННАЯ, МЕТОДИЧЕСКАЯ ПЕЧЬ	10
2 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	16
2.1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ВОПРОСУ УМЕНЬШЕНИЯ.....	16
ЗАТРАТ НА ПРОЦЕСС НАГРЕВА МЕТАЛЛА ПОД ПРОКАТКУ	16
2.2 РАСЧЕТЫ ГОРЕНИЯ ТОПЛИВА	18
2.2.1 Расчет горения топлива при существующем режиме.....	18
2.2.2 Расчет горения топлива в воздухе нагретом до 600 °С.....	22
2.3 РАСЧЁТ ТЕПЛОВЫХ БАЛАНСОВ ПЕЧИ.....	23
2.3.1 Расчет теплового баланса для базового варианта.....	23
2.3.2 Расчет теплового баланса с использованием нагретого воздуха.....	25
и снижение температуры нагрева заготовки	25
2.4 РАСЧЕТ РЕКУПЕРАТОРА.....	27
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ.....	31
3 ОХРАНА ТРУДА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	32
3.3.1 Шум.....	35
3.3.2 Вибрация.....	35
3.3.4 Запыленность	36
3.3.5 Освещенность.....	36
3.3.8 Пожарная безопасность.....	37
4 ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА	39
4.1 Расчет годового экономического эффекта.....	39
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	41
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	42
ПРИЛОЖЕНИЯ	

ВВЕДЕНИЕ

Способ производства прокатки металлов считается одним из наиболее распространенных способов обработки давлением металлов в промышленности, по причине непрерывности процесса производства, достижения высокой производительности, а также возможности производства изделий различной формы, высокой степени качества и свойств необходимых потребителю.

Применение комплексной механизации и автоматизации технологии используемой в цехе прокатки, позволяет достигнуть точного выполнения принятых режимов технологического процесса, а также соблюдение необходимых правил эксплуатации оборудования, помогает улучшить условия трудового процесса и повысить уровень безопасности работы точное выполнение установленных режимов работы, правил технической эксплуатации оборудования, значительно улучшает условия труда и повышает безопасность техперсонала.

Совершенствование современного прокатного производства базируется на использовании новых технических решений на старом оборудовании, либо его модернизация, что позволяет снизить расходы топлива.

Для нагрева проката перед прокаткой в металлургическом производстве затрачивается более 20 процентов используемого топлива. Эффективность работы нагревательных печей во многом задает качество и себестоимость процесса прокатки металлов.

В сравнении с другими государствами в Российской Федерации за последние десять лет обозначился осязаемое различие в энергоемкости технологии прокатки металла. Это происходит по причине немалого повышения цен энергоносителей, а также усиления контроля состояния окружающей среды и ее защите. Ранее используемые режимы раскалывания металла, которые были ориентированы на максимальную

производительность, являются нецелесообразны для достижения цели производства определенного количества материала при использовании минимальных затрат.

В данном дипломном проекте, рассмотрены возможные варианты по снижению расхода топлива в условиях печей нагрева СПЦ-1 АО «ОЭМК».

Dist24.ru

ТГ: @student_help24_bot

Учебные работы под ключ!

1 Техника производства

1.1 Устройство и оборудование СПЦ-1

Сортопрокатный цех АО «Оскольский электрометаллургический комбинат» занят производством сортовой прокатки металла круглого сечения, диаметр которого равен 80-180 миллиметров, и квадрат 70x70\110x110 мм [1].

В цех поступают литые заготовки с машины непрерывного литья заготовки (сокр. МНЛЗ) цеха плавки стали, которые имеют вес 5-10 т, сечение которых составляет 300x360 мм, а длина равна 6-12 м, уложенные на широкой их части на одном из двух рольгангах, которые работают параллельно, и их скорость составляет 1,7 м/с.

Все разрабатываемые заготовки, которые поступают из электросталеплавильного цеха, останавливаются и автоматически производится взвешивание на расположенных на конце рольгангов весах.

Затем они поступают к погрузочно-разгрузочным устройствам, а затем к самим печам нагрева соответственно.

Далее на участке, на котором расположены нагревательные печи, заготовки поплавно перемещаются на столы, используемые для разгрузки, расположенные перед печами, а затем с данных столов шагающими балками перемещаются в печи. После чего заготовки, относящиеся к одной плавке поровну разделяются на две печи, с целью обеспечения их готовности к прокатке. Заготовки, длина которых составляет 7-12 м, отправляются в печь одним рядом, а заготовки, длина которых составляет 5-6 м, двумя.

Выдача уже нагретых заготовок на рольганг, который отводит, из печей производится по отдельности с использованием соответствующих механизмов выдачи.

Нагрев заготовок обеспечивается с температурой до 1250 °С и с отклонением до 20 °С, при этой средняя производительность каждой используемой печи 150 т/ч.

Заготовки подаются из печи, используемой для нагрева, в печь гомогенизации, которая используется для шарикоподшипниковой стали, с температурой 1200 °С. Время выдержки и время разгрузки составляет 8 ч.

Блюмы, нагретые и соответственно выданные из используемой печи, марок сталей, всех кроме подшипниковых, отправляются к установке гидросбива с целью удаления водой с их поверхности под высоким давлением окалина. Затем очищенный блюм направляется на рольганг реверсивной клетки и кантуется на 90 градусом и задается рольгангами в валки.

Процесс прокатки блюмов в раскаты, сечение которых составляет 230x230 мм, выполняется за 5, а сечение которых составляет 190x190 мм - за 7 проходов.

Все операции производимые в реверсивной клетки, в том числе кантовка металла, производятся автоматически, исключением является кантовки производимая грейферным кантователем.

Затем раскат отправляется к машине для огневой зачистки. Далее производится обрезка концов раскатов, а так же при необходимости процесс разделения на части, при помощи стационарных ножниц горячей резки (усилие которых составляет 800 т).

После чего раскаты перемещаются к 1-й группе непрерывно-заготовочного стана (НЗС).

НЗС состоит из 8 прокатных клетей, расположенных в двух находящихся со смещением группах.

Группа клетей 1: V1, H2, V3, H4, а группа 2 соответственн: V5, H6, V7, H8.

Сам прокат возможно подавать и из группы 1, а так же группы 2 о в линии пил непосредственно.

На стане прокатка производится в непрерывном режиме в основном.

Материал до загрузки в печь, используемую для отжига, необходимо охладить до температуры, которая должна составлять 600°C, при помощи холодильника. Затем из печей прокат отправляется на холодильники, с целью охлаждения до 80 °С и дальнейшей транспортировки на промежуточный склад.

На участке, предназначенном для зачистки, прокат проходит через дробеметную, затем правильную установки и шлифовальные станки, кроме того установку для контроля внутренних дефектов, еще пилю холодной резки, затем клеймителей, весы-рольганг, а так же установку формирования, а затем обвязки пакетов.

Применение агрегата обдирки аналогично агрегату зачистки, за исключением того, что на обдирке прокат пропускается через правильные и обдирочные станки «Кизерлинг».

Далее пакеты отправляются на склад для готовой к использованию продукции.

Готовая к использованию продукция погружается в ж/д вагоны и доставляется заказчику.

Схема СПЦ-1 приведена в приложении А данного дипломного проекта.

1.2 Шестизонная, методическая печь

Данная печь используется с целью нагрева перед прокатом литой заготовки размером 300×360×4200÷11800 мм. Ее характеристики включают:

- размеры, которые составляют рабочее пространство 30,15×13,2×4,1 м;
- площадь пода составляет 398 м²;
- масса, которую составляют обрабатываемые изделия 3,9,10 т;
- максимальная производительность, которую выдает печь 150 т/ч;
- садка печи (единовременная загрузка) 680 т;

- тип и количество используемых горелочных устройств: - плоскопламенные 66шт;

- длиннофакельные в количестве 18шт;

- режим работы, который используется для горелочных устройств является непрерывный, регулируемый;

- максимальная температур возникающая в печи 1290 °С;

- применяемое топливо природный газ;

- теплота, которая выделяется при сгорании топлива 8069 ккал/м³;

- максимальный расход топлива приходящийся на печь 8250 м³/ч;

- максимальный расход воздуха приходящийся на печь 90000 м³/ч;

- температура максимального подогрева воздуха 350 °С;

- температура продуктов сгорания которая достигается перед рекуператором до 900 °С;

- температура продуктов сгорания, которая достигается за рекуператором до 540 °С;

- давление в рабочем пространстве на уровне металла 0 ÷ 50 Па;

- удельный расход тепла 466,5 ккал/кг;

- давление топлива перед печью 3,0 бар;

- давление воздуха перед печью 100 Па;

- КПД 54,4 %;

- рекуператор металлический, трубчатый, самокомпенсирующийся, три секции по 208 м².

Тип печей включающих шагающие балки используются с целью газового нагрева балочных заготовок перед пластической, а также других термических процессов. Схема печи представлена на рисунке 1.

В печах под разделен на подвижные и неподвижные части (балки). Заготовки размещаются на поду, поперек хода балок, а нагрев производится сверху.

Нагрев печей производится продуктами горения природного газа.

Свод печи разработан на различных уровнях, в том числе на наклонных участках. Часть свода дополнительно фиксируется (подвешивается) с помощью массивных балочных перекрытий. К элементам печи, находящимся на возвышении (горелки, задвижки) подведены лестничные марши и площадки для обслуживания. В корпусе имеются уплотняемые проемы для уборки окалины и технического обслуживания.



ТГ: @student_help24_bot

Рисунок 1- Схема печей нагрева

Учебные работы под ключ!

Стационарные балки (под печи) собираются из бетонных плит, армированных металлом. Ниже идут слои из волокнистой теплоизоляции. Под печи состоит из нескольких рядов шагающих балок. Внизу у балок подвижного пода имеются специальные кожуха, направляющие окалину в каналы гидросмыва и ножи водяного затвора. Плоскость поверхности балок шагающего пода и элементы стационарного находится на одном уровне в паузах между шаганием.

Конструкция шагающих балок пода состоит из рамы вертикального перемещения и рамы горизонтального перемещения, промежуточных роликов, гидроприводов, и наклонных опор. Взаимное перемещение двух

рам (шаг) относительно неподвижного пода перемещает заготовки в процессе работы.

Для предотвращения свободного сообщения печных газов и воздуха предусмотрены водяные уплотнения. Водяные уплотнения выполнены в виде продольных каналов (баков) с элементами лабиринтных уплотнений.

По краям боковых стенок печи на уровне подающего и выводящего рольгангов расположены печные заслонки. Печные заслонки перемещаются в вертикальной плоскости по специальным направляющим с помощью приводов.

Печной рольганг загрузки является промежуточным звеном между подающим рольгангом и балками печи. Печной рольганг представляет собой сварную раму, на которой размещены консольные ролики. Ролики выполнены водоохлаждаемыми. Рабочая часть роликов размещена в печном пространстве. Датчик длины заготовки определяет её длину и выдает сигнал приводам на выполнение перемещение и остановки заготовки в нужном месте.

Печной рольганг выгрузки предназначен для снятия заготовок с печных балок и вывода заготовки из печи. Печной рольганг выгрузки состоит из сварной рамы, консольных роликов и специальных манипуляторов. Съем заготовок с балок производят манипуляторы, а рольганги выводят заготовку из печи.

Подача заготовок в печь и отвод от печи производится, прилежащими рольгангами.

По ходу дымового канала размещается теплоизолированная камера с трубчатым рекуператором. Воздух горения, до поступления на горелки, проходит через рекуператор, где подогревается отходящими дымовыми газами. На случай превышения температуры дымовых газов, имеется система защиты рекуператора.

Система водяного охлаждения предназначена для подачи воды под снижение температуры эксплуатации некоторых печных устройств (печные

рольганги и т.п.). Подача воды на каждый источник потребления обеспечивается разнесенной системой подачи и отвода воды. Система водяного охлаждения включает: гидравлические рукава, клапана, краны, вентили, реле протока жидкости, ниппели для присоединения гидравлических рукавов и т.п.

Гидравлическая система печи включает насосную станцию, гидроцилиндры, дроссели, гидравлические магистрали, фильтры, масляный бак, необходимую арматуру и т.д. Система видеонаблюдения показывает изображения внутреннего объема нагревательной печи (расположения заготовок в печи) во время производственного процесса нагрева заготовок.

Нагревательная печь оборудована автоматизированной системой управления нагревательными печами (АСУ ТП). Система АСУ печью смонтирована в шкафах, локальных пультах управления, с применением промышленного ПК, логического контроллера и т.д.

Схема нагревательной печи представлена в приложении Б

С целью обеспечения высокого качества нагрева пространство используемой печи было разделено на 3 участка:

- участок подогрева (методическая);
- участок нагрева (сварочная);
- участок выравнивания (томильная).

Все эти участки имеют зоны: верхнюю и нижнюю.

Принципиальная схема распределения зон в печи нагрева представлена на рисунке 2.

Минимальная продолжительность процесса нагрева заготовок из сталей шарикоподшипниковых типа ШХ15 и ШХ15СГ-5,5 часов, в т.ч.: в зонах (3-4-5-6)-2,0-2,5 ч.; в зонах (3-4) не менее 1 ч..

Нагрев заготовок стали типа 20К производить в соответствии со следующим режимом:

- температура I-II зонах – не более 1100 °С;
- температура III-IV зон – 1500-1180 °С;

- температура V-VI зон –1140-1150 °С.

Продолжительность нагрева не менее 3,5 часов.

Нагрев марок стали подшипникового типа необходимо производить по сквозной ТИ.

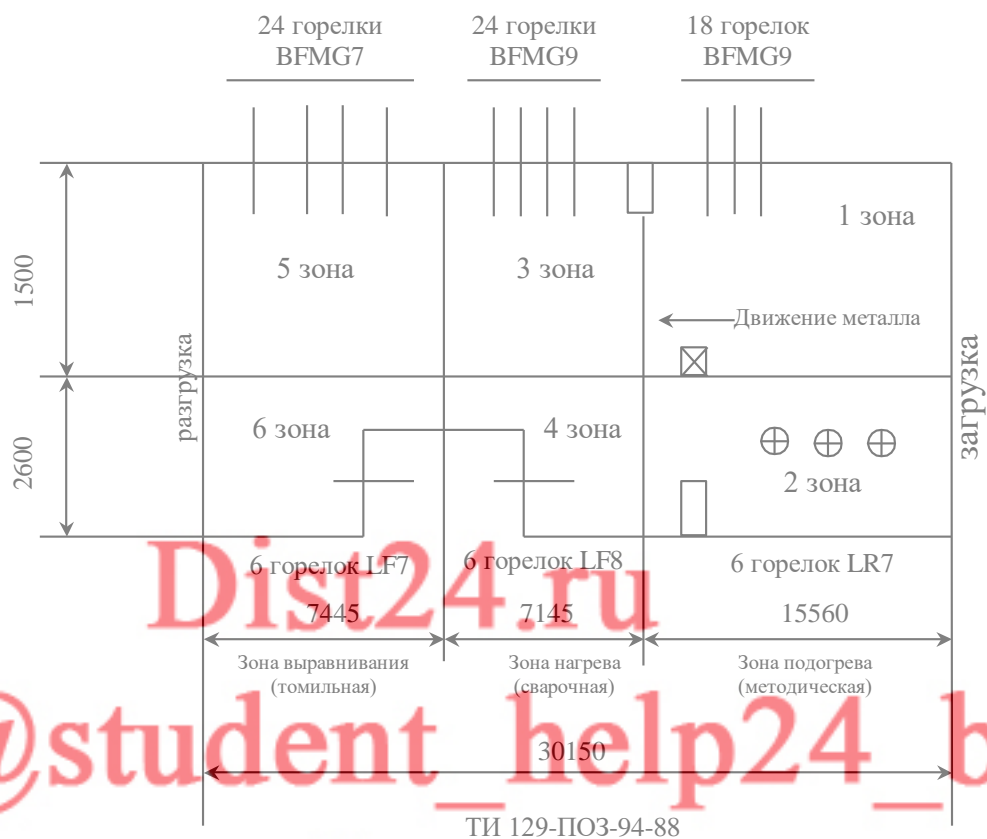


Рисунок 2 - Схема распределения зон нагревательной печи

Режимы нагрева заготовок представлены в приложении Б

2 Специальная часть

2.1 Аналитический обзор литературы по вопросу уменьшения затрат на процесс нагрева металла под прокатку

За последний десяток лет обозначился значительное различие в энергоемкости изготовления проката в Российской Федерации согласно сравнению с остальными государствами. В основном это обусловлено существенным удорожанием энергоносителей и ужесточением требований охраны окружающей нас среды. Используемые ранее способы нагрева металла, ориентированные на достижение максимальной производительности, оказываются нецелесообразными в современных условиях экономики, когда требуется произвести заданное количество продукции при минимальных затратах.

При этом исходя из данных анализа [4,5] показатели удельного расхода топлива для зарубежных станков существенно лучше российских. Таким образом, затраты топлива при нагреве слябов холодного проката в печах российских широкополосных станков составляют: в стане 2000 ОАО «ММК» 1963 МДж/т (67 килограмм у.т./т) [5], в стане 2000 ЧерМК1758 МДж/т (60 килограмм у.т./т) [4]. При нагреве слябов холодного проката в печах иностранных станков потребление горючего: в стане 1800 Бохум, Фрг 1298 МДж/т (44,3 килограмм у.т./т), в стане 2030 Серманж, Франция 1151 МДж/т (39,3 килограмм у.т./т), в стане 1520 Куре, Япония 1163 МДж/т (39,7 килограмм у.т./т) [4].

В статье [6] авторами рассматривается теоретический подход к обоснованию целесообразности и необходимости уменьшения удельных затрат топлива, замены существующего способа распределения расходов топлива по зонам методических печей на универсальный топливосберегающий способ, обеспечивающий гарантированно оптимальное

автоматизированное управление нагревом металла при производстве горячекатаного широкополосного листового проката.

Согласно данным[6], применение энергосберегающих методов позволяет снизить расход энергоресурсов, в частности расход (природного газа), в 1,5 - 2 раза.

Основными мероприятиями, применяемые в зарубежных странах с целью снижения потребления тепловой энергии, являются:

- 1) процесс перехода на нагрев, неостывших от последнего передела заготовок [4, 7];
- 2) снижение используемых температур нагрева при прокатке [4];
- 3) применение более современных систем управления тепловым режимом [8, 9]
- 4) проведение теплотехнических мероприятий, направленных на уменьшение потерь тепла через конструкции печи и с отходящими газами [4,7];

Согласно статьям [4,7] использования технологи нагрева заготовок горячего посада дает возможность уменьшить расход топлива в ределах от 15 % до 60 % соответственно.

Уменьшение температуры для нагрева металла дает возможность экономить топливо прямо пропорционально снижению энтальпии металла на выдаче. По материалам фирм «Синниппонсэйтэцу», Япония, и «Дэви Мак-Ки», Великобритания, установлено, что при понижении температуры нагрева на 100 °Сэкономия топлива может составлять 16% [4].

Сокращение потерь тепла посредством конструкции печи получается при использовании действенной изоляции подовых балок и труб, совершенствованием режима охлаждения с сокращением поверхности охлаждаемых компонентов, уменьшением потерь тепла посредством ограждения печи путём использования современных футеровочных материалов [4,9].

Применение микропроцессорных промышленных средств дает возможность эффективно, с наименьшими затратами и оперативно найти решение проблемы реализации энергосберегающих систем управления подачей топлива при нагреве металла, увеличить эффективность его применения, усовершенствовать качество нагрева заготовок в результате централизованного контролирования характеристик нагревательной печи. В зависимости от условий эксплуатации печей микропроцессорные системы управления дают возможность уменьшить потребление топлива на 6-18 % [12,13]

Энергосберегающие системы нагрева учитывают минимизацию расходов топлива на нагрев вследствие организации рационального распределения подачи топлива.

Авторами статьи [12] говорится, что сокращение расхода энергоносителей – это глобальная проблема, порождённая ограниченным количеством традиционных видов топлива при его возрастающем потреблении в мире и, как следствие, непрерывным повышением цен, ухудшением экологической обстановки из-за возрастающих объёмов промышленных выбросов, острой необходимостью повышения конкурентоспособности металлопродукции.

Статья [12] посвящена решению задачи сокращения расхода топлива на нагрев металла перед прокаткой за счёт использования теплоты отходящих продуктов сгорания.

Повышение температуры подогрева воздуха за счёт использования теплоты уходящих газов и модернизации рекуператора методической печи [13].

2.2 Расчеты горения топлива

2.2.2 Расчет горения топлива при существующем режиме

Процесс отопления печи нагрева осуществляется природным газом. В таблице 1 приведен его состав [14].

Таблица 1 – состав природного газа

	Природный газ	
	Сухой	Влажный
CH ₄	94,74	93,58
C ₂ H ₆	2,34	2,31
C ₃ H ₈	0,59	0,58
C ₄ H ₁₀	0,33	0,33
C ₅ H ₁₂	0,11	0,11
C ₆ H ₁₄	0,05	0,05
CO ₂	0,95	0,94
N ₂	0,89	0,88
H ₂ O	-	1,23
Сумма	100	100

Содержание влаги в природном газе: $W_{\text{пр}} = 10 \text{ г/м}^3$;

Коэффициент расхода воздуха: $n = 1,1$;

Температуры подогрева воздуха: $t_B = 400^\circ\text{C}$;

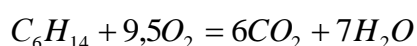
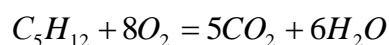
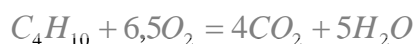
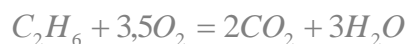
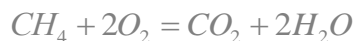
Пирометрический коэффициент: $\eta = 0,8$;

Объемный процент водяных паров: $H_2O = 1,24\%$;

Коэффициент пересчета состава сухого газа на влажный (рабочий):

$$K_{\text{пр}} = 0,988.$$

Стехиометрические реакции горения топлива:



Рассчитаем расход кислорода, необходимого для сжигания газа, когда коэффициент (n) расхода воздуха $n = 1,0$

$$V_{O_2} = 0,01 \cdot [0,5 \cdot (CO + H_2 + 3H_2S) + \sum (m + n/4) \cdot C_m H_n] \quad (2.2)$$

$$V_{O_2} = 0,01 \cdot (2 \cdot 93,58 + 3,5 \cdot 2,31 + 5 \cdot 0,58 + 6,5 \cdot 0,33 + 8 \cdot 0,11 + 9,5 \cdot 0,05) = 2,02 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

При $n = 1,1$ расход воздуха составит

$$V_B = 1,1 \cdot (1 + 3,762) \cdot 2,02 = 10,58 \text{ м}^3 / \text{м}^3 \quad (2.3)$$

Затем рассчитаем состав всех продуктов сгорания

$$V_{CO_2} = 0,01 \cdot (CO_2 + CH_4 + 2C_2H_6 + 3C_3H_8 + 4C_4H_{10} + 5C_5H_{12} + 6C_6H_{14}) \quad (2.4)$$

$$V_{CO_2} = 0,01 \cdot (0,94 + 93,58 + 2 \cdot 2,31 + 3 \cdot 0,58 + 4 \cdot 0,33 + 5 \cdot 0,11 + 6 \cdot 0,05) = 1,03 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

$$V_{H_2O} = 0,01 \cdot (H_2O + H_2 + H_2S + 0,5 \cdot \sum n \cdot C_m H_n) \quad (2.5)$$

$$V_{H_2O} = 0,01 \cdot (1,23 + 0,5 \cdot [4 \cdot 93,74 + 6 \cdot 2,31 + 8 \cdot 0,58 + 10 \cdot 0,33 + 12 \cdot 0,11 + 14 \cdot 0,05]) = 2,00 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

при $n = 1,1$

Dist24.ru

$$V_{N_2} = 0,01 \cdot (N_2 + nkV_{O_2}) = 0,01 \cdot 0,88 + 1,1 \cdot 3,762 \cdot 2,02 = 8,37 \text{ м}^3 / \text{м}^3 \quad (2.6)$$

$$V'_{O_2} = (n - 1) \cdot V_{O_2} = (1,1 - 1,0) \cdot 2,02 = 0,20 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

При это общий (суммарный) объем занимаемы продуктами сгорания:

$$V_{п.с} = V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2} + V'_{O_2} = 1,03 + 2,02 + 8,37 + 0,20 = 11,62 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Состав (в процентах) продуктов сгорания составит:

$$CO_2 = \frac{1,03}{11,62} \cdot 100 = 8,86 \%$$

$$H_2O = \frac{2,02}{11,62} \cdot 100 = 17,38 \%$$

$$N_2 = \frac{8,37}{11,62} \cdot 100 = 72,03 \%$$

$$O'_2 = \frac{0,20}{11,62} \cdot 100 = 1,73 \%$$

При помощи материального баланса произведем проверку правильности расчета.

Поступило:		Получено:	
CH ₄	0,01 · 93,58 · 0,716 = 0,670	CO ₂	0,01 · 8,86 · 1,963 · 11,62 = 0,670
C ₂ H ₆	0,01 · 2,31 · 1,340 = 0,031	H ₂ O	0,01 · 17,38 · 0,804 · 11,62 = 0,670
C ₃ H ₈	0,01 · 0,58 · 1,970 = 0,011	N ₂	0,01 · 72,03 · 1,250 · 11,62 = 0,670
C ₄ H ₁₀	0,01 · 0,33 · 2,590 = 0,008	O ₂	0,01 · 1,73 · 1,429 · 11,62 = 0,670
C ₅ H ₁₂	0,01 · 0,11 · 3,220 = 0,003	Невязк а	14,414 – 14,394 = 0,019
C ₆ H ₁₄	0,01 · 0,05 · 3,839 = 0,002		
CO ₂	0,01 · 0,94 · 1,963 = 0,018		
N ₂	0,01 · 0,88 · 1,250 = 0,011		
H ₂ O	0,01 · 1,23 · 0,804 = 0,010		
Воздух	10,58 · 1,290 = 13,648		
Всего	14,414	Всего	14,414

С учетом погрешности расчета, расхождение составит 0,019 кг (0,13%).

Рассчитаем наименьшую теплоту сгорания газа:

$$Q_n^p = 0,358 \cdot CH_4 + 0,637 \cdot C_2H_6 + 0,913 \cdot C_3H_8 + 1,186 \cdot C_4H_{10} + 1,461 \cdot C_5H_{12} + 1,614 \cdot C_6H_{14}$$

$$Q_n^p = 0,358 \cdot 93,58 + 0,637 \cdot 2,31 + 0,913 \cdot 0,58 + 1,186 \cdot 0,33 + 1,461 \cdot 0,11 + 1,614 \cdot 0,05 = 35,91 \text{ МДж/м}^3$$

Рассчитаем значение энтальпии продуктов сгорания:

$$i_0' = \frac{Q_n^p + Q_\phi^e}{V_{n,z}} = \frac{35912,18 + 532 \cdot 10,58}{11,62} = 3575 \text{ кДж/м}^3 \quad (2.7)$$

Калориметрическая температура необходимая для горения составляет:

$$t_k = 2100 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_k = 2200 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$i_{CO_2} = 8,86 \cdot 5186,81 \cdot 0,01 = 459,55$$

$$i_{CO_2} = 8,86 \cdot 5464,2 \cdot 0,01 = 484,13$$

$$i_{H_2O} = 17,38 \cdot 4121,79 \cdot 0,01 = 716,37$$

$$i_{H_2O} = 17,38 \cdot 4358,83 \cdot 0,01 = 757,56$$

$$i_{O_2} = 1,73 \cdot 3314,85 \cdot 0,01 = 57,35$$

$$i_{O_2} = 1,73 \cdot 3487,44 \cdot 0,01 = 60,33$$

$$i_{N_2} = 72,03 \cdot 3131,96 \cdot 0,01 = 2255,95$$

$$i_{N_2} = 72,03 \cdot 3295,84 \cdot 0,01 = 2373,99$$

$$i_{2100} = 3295,84 \text{ к Дж/м}^3$$

$$i_{2200} = 3676,02 \text{ к Дж/м}^3$$

В этом выражении первый множитель – это та доля газа, которая входит в продукты сгорания, а второй множитель – это энтальпия [14] данного газа при заданной температуре.

$$t_{\kappa} = 2100 + \frac{3575 - 3489,22}{3676,02 - 3489,22} \cdot 100 = 2146^{\circ}\text{C} \quad (2.8)$$

Приняв пирометрический коэффициент $\eta_{\text{пир}} = 0,80$, находим действительную температуру газов:

$$t_{\text{действ}} = 0,8 \cdot 2046 = 1637^{\circ}\text{C} \quad (2.9)$$

2.2.3 Расчет горения топлива в воздухе нагретом до 600 °С

Определим калориметрическую температур горения природного газа при нагреве воздуха до 600 °С.

Рассчитаем значение энтальпии продуктов сгорания:

$$i_0' = \frac{Q_n^p + Q_{\phi}^s}{V_{n,z}'} = \frac{35912 + 814,96 \cdot 10,58}{11,62} = 3832,55 \text{ кДж/м}^3 \quad (2.10)$$

Калориметрическая температура необходимая для горения составляет:

$$t_{\kappa} = 2200^{\circ}\text{C}$$

$$i_{\text{CO}_2} = 8,86 \cdot 5464,2 \cdot 0,01 = 484,13$$

$$i_{\text{H}_2\text{O}} = 17,38 \cdot 4358,83 \cdot 0,01 = 757,56$$

$$i_{\text{O}_2} = 1,73 \cdot 3487,44 \cdot 0,01 = 60,33$$

$$i_{\text{N}_2} = 72,03 \cdot 3295,84 \cdot 0,01 = 2373,99$$

$$i_{2200} = 3676,02 \text{ к Дж/м}^3$$

$$t_{\kappa} = 2300^{\circ}\text{C}$$

$$i_{\text{CO}_2} = 8,86 \cdot 5746,39 \cdot 0,01 = 509,13$$

$$i_{\text{H}_2\text{O}} = 17,38 \cdot 4485,34 \cdot 0,01 = 779,55$$

$$i_{\text{O}_2} = 1,73 \cdot 3662,33 \cdot 0,01 = 63,36$$

$$i_{\text{N}_2} = 72,03 \cdot 3457,2 \cdot 0,01 = 2490,22$$

$$i_{2300} = 3842,26 \text{ к Дж/м}^3$$

$$t_{\kappa} = 2200 + \frac{3832,55 - 3676,02}{3842,26 - 3676,02} \cdot 100 = 2294^{\circ}\text{C} \quad (2.11)$$

Действительная температура газов:

$$t_{\text{действ}} = 0,78 \cdot 2294 = 1835^{\circ}\text{C} \quad (2.12)$$

Из результатов расчета видно, увеличение температуры нагрева воздуха на 600 °С увеличивает калориметрическую температуру горения до 2294 °С.

2.3 Расчёт тепловых балансов печи

2.3.1 Расчет теплового баланса для базового варианта

Для горения используется обычный воздух, подогретый до 400 °С.

А. Приход

Количество тепла, выделяемого при горении топлива

$$Q_{хим} = B \cdot Q_n^p = B \cdot 35912,18 \text{ кВт}$$

(где B – это расход топлива в м³/с, при н.у.)

Количество тепла, выделяемое подогретой воздушной массой:

$$Q_B = B i_B \cdot V_B = B \cdot 532,08 \cdot 10,58 = B \cdot 5629,41 \text{ кВт} \quad (2.13)$$

Тепло экзотермических реакций (принимая угар металла 1%):

$$Q_{экс} = 5650 \cdot P \cdot a = 5650 \cdot \frac{150 \cdot 10^3}{3600} \cdot 1,0 \cdot 10^{-2} = 2354,17 \text{ кВт} \quad (2.14)$$

где P – производительность, т/час

a – угар металла, кг/кг.

Б. Расход

Тепло, затраченное на нагрев металла:

$$Q_{пол} = P \cdot C_m \cdot (t_m^{кон} - t_m^{нач}) = \frac{150 \cdot 10^3}{3600} \cdot 0,787 \cdot (1250 - 20) = 40333,75 \text{ кВт} \quad (2.15)$$

При средней температуре $\bar{t} = \frac{(1250 + 20)}{2} = 635^\circ\text{C}$, теплоемкость металла

равна $C_m = 0,787$. Приложение IX [1].

Тепло, уносимое уходящими газами:

$$Q_{yx} = B \cdot i_\theta \cdot V_\theta = B \cdot 11,62 \cdot 1609,78 = B \cdot 18705,64 \text{ кВт} \quad (2.16)$$

$$i_{CO_2} = 8,86 \cdot \frac{2226,75 + 2485,34}{2} \cdot 0,01 = 208,75$$

$$i_{H_2O} = 17,38 \cdot \frac{1713,32 + 1913,67}{2} \cdot 0,01 = 315,19$$

$$i_{O_2} = 1,73 \cdot \frac{1480,11 + 1641,02}{2} \cdot 0,01 = 27,00$$

$$i_{N_2} = 72,03 \cdot \frac{1393,86 + 1546,14}{2} \cdot 0,01 = 1058,84$$

$$i_o = 1609,78 \text{ к Джс/м}^3$$

Произведем расчет потери только через стены печи и свод.

Потери тепла, приходящиеся на свод.

Тогда площадь свода составит $S_{свод} = L \cdot B = 30,15 \cdot 13,2 = 397,98 \text{ м}^2$

Свод футерован следующими огнеупорными материалами.

Первый слой:

МКВ-72 ($\delta = 222 \text{ мм}$) при $\bar{t} = 875^\circ \text{C}$, $\lambda = 1,76 + 0,00023 \cdot \bar{t} = 1,96 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

Второй слой:

МКРР-130 ($\delta = 50 \text{ мм}$) при $\bar{t} = 425^\circ \text{C}$, $\lambda = 0,84 + 0,00058 \cdot \bar{t} = 1,09 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

Третий слой:

МКРП-340 ($\delta = 100 \text{ мм}$) при $\bar{t} = 190^\circ \text{C}$, $\lambda = 0,48 + 0,00014 \cdot \bar{t} = 0,51 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

Тогда потери тепла через свод:

$$Q_{св} = \frac{t_{\text{внутр}} - t_{\text{в}}}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha}} = \frac{1250 - 30}{\frac{0,222}{1,96} + \frac{0,05}{1,09} + \frac{0,1}{0,51} + \frac{1}{15}} \cdot 397,98 = 1150,88 \text{ кВт} \quad (2.17)$$

Потери тепла, приходящиеся на стены

Слои из которых состоят стены:

Первый слой:

ША-42 ($\delta = 246 \text{ мм}$) при $\bar{t} = 988^\circ \text{C}$, $\lambda = 0,72 + 0,0005 \cdot \bar{t} = 1,21 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

Второй слой:

ШЛ-0,9 ($\delta = 148 \text{ мм}$) при $\bar{t} = 563^\circ \text{C}$, $\lambda = 0,29 + 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot \bar{t} = 0,40 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

Третий слой:

ШЛ-0,4 ($\delta = 100\text{мм}$) при $\bar{t} = 275^\circ\text{C}$, $\lambda = 0,06 + 0,14 \cdot 10^{-3} \cdot \bar{t} = 0,10 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

Четвертый слой:

МКРП-340 ($\delta = 50\text{мм}$) при $\bar{t} = 90^\circ\text{C}$, $\lambda = 0,048 + 0,00014 \cdot \bar{t} = 0,06 \frac{\text{Вт}}{\text{мК}}$.

Площадь стен: $S_{\text{стен}} = 2 \cdot L \cdot H = 2 \cdot 30,15 \cdot 4,1 = 247,23 \text{ м}^2$ Количество тепла, теряемое теплопроводностью через стены:

$$Q_{\text{ст}} = \frac{1250 - 30}{\frac{0,246}{1,24} + \frac{0,148}{0,40} + \frac{0,1}{0,1} + \frac{0,05}{0,06} + \frac{1}{15}} \cdot 247,23 = 122,19 \text{ кВт} \quad (2.18)$$

Общее количество тепла, теряемое теплопроводностью:

$$Q_{\text{тепл}} = Q_{\text{свода}} + Q_{\text{стен}} = 1150,88 + 122,19 = 1273,07 \text{ кВт} \quad (2.19)$$

Количество потерь тепла с охлаждающей водой:

$$Q_{\text{охл}} = 0,11 \cdot B \cdot (35912,18 + 5629,41) = B \cdot 4569,57 \text{ кВт} \quad (2.20)$$

Так же неучтенные потери составят:

$$Q_{\text{неуч}} = 0,12 \cdot B \cdot (35912,18 + 5629,41) = B \cdot 4984,99 \text{ кВт} \quad (2.24)$$

Составим уравнение теплового баланса:

$$35912,18 \cdot B + 5629,41 \cdot B + 2354,17 = 40333,75 + 18705,64 \cdot B + 1273,07 + 4569,57 \cdot B + 4984,99 \cdot B$$

$$13281,39 \cdot B = 39252,65$$

$$B = 2,96 \text{ м}^3/\text{с}$$

2.3.2 Расчет теплового баланса с использованием нагретого воздуха и снижение температуры нагрева заготовки

А. Приход

Количество тепла, выделяемого при горении топлива

$$Q_{\text{хим}} = B \cdot Q_{\text{н}}^P = B \cdot 35912,18 \text{ кВт}$$

Количество тепла, выделяемое подогретой воздушной массой

$$Q_B = B i_B \cdot V_B = B \cdot 814,96 \cdot 10,58 = B \cdot 8622,28 \text{ кВт} \quad (2.25)$$

Тепло экзотермических реакций (при угаре металла 1%):

$$Q_{\text{экс}} = 2354,17 \text{ кВт}$$

Б. Расход

Тепло, затраченное на нагрев металла:

$$Q_{\text{пол}} = 37054,58 \text{ кВт}$$

Тепло, уносимое уходящими газами:

$$Q_{\text{yx}} = B \cdot i_{\text{д}} \cdot V_{\text{д}} = B \cdot 11,62 \cdot 1609,78 = B \cdot 18705,64 \text{ кВт} \quad (2.26)$$

$$i_{\text{CO}_2} = 8,86 \cdot \frac{2226,75 + 2485,34}{2} \cdot 0,01 = 208,75$$

$$i_{\text{H}_2\text{O}} = 17,38 \cdot \frac{1713,32 + 1913,67}{2} \cdot 0,01 = 315,19$$

$$i_{\text{O}_2} = 1,73 \cdot \frac{1480,11 + 1641,02}{2} \cdot 0,01 = 27,00$$

$$i_{\text{N}_2} = 72,03 \cdot \frac{1393,86 + 1546,14}{2} \cdot 0,01 = 1058,84$$

$$i_{\text{д}} = 1609,78 \text{ к Дж/м}^3$$

Общее количество тепла, теряемое теплопроводностью:

$$Q_{\text{метл}} = 1273,07 \text{ кВт}$$

Количество потерь тепла с охлаждающей водой (2.23):

$$Q_{\text{охл}} = 0,11 \cdot B \cdot (35912,18 + 8622,28) = B \cdot 4898,79 \text{ кВт}$$

Так же неучтенные потери составят::

$$Q_{\text{охл}} = 0,12 \cdot B \cdot (35912,18 + 8622,28) = B \cdot 5344,14 \text{ кВт}$$

Составим уравнение теплового баланса:

$$35912,18 \cdot B + 8622,28 \cdot B + 2354,17 = 37054,58 + 18705,64 \cdot B + 1273,07 + \\ + 4898,79 \cdot B + 5344,14 \cdot B$$

$$15585,89 \cdot B = 35973,48$$

$$B = 2,31 \text{ м}^3/\text{с}$$

т. е расход природного газа для первого случая:

$$2,96 \cdot 3600 = 10656 \text{ м}^3/\text{ч}$$

и второго случая:

$$2,31 \cdot 3600 = 8316 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Расход топлива снижен на 21,96 %.

В приложении Г приведены технические характеристики нагревательных печей до и после реконструкции

2.4 Расчет рекуператора

Предлагается подогреть воздух, идущий на горение, до 600°C , то учитывается необходимость реконструкции рекуператора, а именно:

- 1) установка труб из жаропрочной стали типа X25T или X25H18T.
- 2) установка секция рекуператора с малым диаметром труб, что обеспечивает интенсификацию теплообмена в рекуператоре и подогрев воздуха до $550\text{-}600^{\circ}\text{C}$.

Производим расчет радиационного рекуператора, работающего в системе комбинированного радиационно-конвективного рекуператора.

Температура воздушной массы на входе в радиационный рекуператор составляет $t''_a = 20^{\circ}\text{C}$. Конечная температура составляет $t'_a = 600^{\circ}\text{C}$.

Температура дымовых газов на входе в рекуператор $t''_o = 1050^{\circ}\text{C}$. Количество подогреваемого воздуха $V_B = 2,31 \cdot 10,58 = 24,44 \text{ м}^3/\text{с}$. Количество дымовых газов $V'_o = 2,31 \cdot 11,62 = 26,84 \text{ м}^3/\text{с}$. Состав дымовых газов, %: $\text{CO}_2 = 8,86\%$, $\text{H}_2\text{O} = 17,38\%$, $\text{O}_2 = 1,73\%$ и $\text{N}_2 = 72,03\%$.

Толщина стенки рекуператора $\delta = 6 \text{ мм}$ [13].

Находим теплоемкость дымовых газов на входе в рекуператор при температуре ($t''_o = 1050^{\circ}\text{C}$).

$$\begin{aligned}
 i_{\text{CO}_2} &= 8,86 \cdot \frac{2226,75 + 2485,34}{2} \cdot 0,01 = 208,75 \text{ кДж}/\text{м}^3 \\
 i_{\text{H}_2\text{O}} &= 17,38 \cdot \frac{1713,32 + 1913,67}{2} \cdot 0,01 = 315,19 \text{ кДж}/\text{м}^3 \\
 i_{\text{O}_2} &= 1,73 \cdot \frac{1480,11 + 1641,02}{2} \cdot 0,01 = 27,00 \text{ кДж}/\text{м}^3 \\
 i_{\text{N}_2} &= 72,03 \cdot \frac{1393,86 + 1546,14}{2} \cdot 0,01 = 1058,84 \text{ кДж}/\text{м}^3
 \end{aligned} \tag{2.27}$$

$$i_o = 1609,78 \text{ кДж}/\text{м}^3$$

Находим теплоемкость дымовых газов при температуре. $t_{\delta}^k = 650^{\circ}\text{C}$,

$$\begin{aligned}
 i_{\text{CO}_2} &= 8,86 \cdot \frac{1236,76 + 1475,41}{2} \cdot 0,01 = 120,15 \\
 i_{\text{H}_2\text{O}} &= 17,38 \cdot \frac{964,68 + 1143,64}{2} \cdot 0,01 = 183,23 \\
 i_{\text{O}_2} &= 1,73 \cdot \frac{851,54 + 1005,24}{2} \cdot 0,01 = 16,06 \\
 i_{\text{N}_2} &= 72,03 \cdot \frac{805,06 + 940,36}{2} \cdot 0,01 = 628,61 \\
 \hline
 i_{\delta} &= 948,05 \text{ к Дж/м}^3
 \end{aligned}
 \tag{2.28}$$

Тогда:

$$\begin{aligned}
 0,9 \cdot V_{\delta} \cdot (C_{\delta}^H t_{\delta}^H - C_{\delta}^K t_{\delta}^K) &= V_B \cdot (C_B^K t_B^K - C_B^H t_B^H) \tag{2.29} \\
 0,9 \cdot 26,84 \cdot (1,53 \cdot 1050 - 1,45 \cdot t_{\delta}^K) &= 24,44 \cdot (1,3583 \cdot 600 - 1,3042 \cdot 20) \\
 35,03 \cdot t_{\delta}^K &= 19525,99
 \end{aligned}$$

$$t_{\delta}^K = 557,4^{\circ}\text{C}$$

Считая схему движения теплоносителей противоточной, определяем среднюю разность температур:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_H - \Delta t_K}{\ln \frac{\Delta t_H}{\Delta t_K}} = \frac{(1050 - 600) - (557,4 - 20)}{\ln \frac{1050 - 600}{557,4 - 20}} = 492,41^{\circ}\text{C} \tag{2.30}$$

Для определения суммарного коэффициента теплоотдачи принимаем скорость движения воздуха $\omega_{\delta o} = 10 \text{ м/с}$.

Зная расход и скорость воздуха, можно найти поперечные размеры рекуператора.

Тогда средний диаметр кольцевого канала для прохода воздуха:

$$\bar{d}_{np} = \frac{f_{\delta}}{\pi \cdot b} = \frac{2,44}{3,14 \cdot 0,02} = 38,85 \text{ м} \tag{2.31}$$

При толщине стенки 6 мм диаметр трубы для прохода дымовых газов:

$$d_B = 1100 - 20 - 2 \cdot 6 = 1068 \text{ мм}$$

Сечение дымового канала:

$$f_{\partial} = \frac{\pi d_{\partial}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,068^2}{4} = 0,9 \text{ м}^2 \quad (2.32)$$

Скорость дымовых газов:

$$\omega_{\partial o} = 26,84 / 0,9 = 29,82 \text{ м/с} \quad (2.33)$$

Фактическая средняя скорость воздуха:

$$\omega_{\partial} = 10 \cdot (310 + 273) / 273 = 21,4 \text{ м/с} \quad (2.34)$$

Периметр воздушного кольца:

$$P = \pi \cdot (1,1 - 0,01) + \pi \cdot (1,1 + 0,01) = 6,9 \text{ м} \quad (2.35)$$

Приведенный диаметр воздушного кольца:

$$d_{\partial, \text{пр}} = \frac{(4,0 \cdot 24,44)}{6,9} = 14,17 \text{ м} \quad (2.36)$$

Критерий Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega_{\partial} \cdot d_{\partial, \text{пр}}}{\nu} = \frac{21,4 \cdot 0,0403}{50,0 \cdot 10^{-6}} = 6,06 \cdot 10^6 \quad (2.37)$$

Поскольку $Re > 10000$.

Коэффициент теплоотдачи на дымовой стороне:

$$\alpha_{\partial} = \alpha_{\text{конв}} + \alpha_{\text{изл}}$$

Находим коэффициент теплоотдачи конвекцией. Средняя температура дымовых газов: $\bar{t}_{\partial} = (1050 + 557,4) / 2 = 803,7^{\circ}\text{C}$

Действительная средняя скорость дымовых газов:

$$\omega_{\partial} = 0,9 \cdot (803,7 + 273) / 273 = 3,55 \text{ м/с} \quad (2.38)$$

Согласно рис. 51 [14] при скорости движения дыма $\omega_{\partial o} = 0,9 \text{ м/с}$ и диаметре канала $d_{\partial} = 1,068 \text{ м}$ коэффициент теплоотдачи конвекцией $\alpha_{\text{конв}} = 7 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$.

Находим коэффициент теплоотдачи излучением $\alpha_{\text{изл}}$. Поскольку температура дымовых газов на входе и выходе из рекуператора различна,

коэффициент теплоотдачи излучением для верха и низа рекуператора находим отдельно.

Низ рекуператора.

Согласно номограмме на рис. 21-23[15].

$$\begin{aligned} \varepsilon_{CO_2} = 0,12 \quad \varepsilon_{H_2O} = 0,017 \quad \beta = 1,06 \\ \varepsilon_r = 0,12 + 1,06 \cdot 0,017 = 0,138 \end{aligned} \quad (2.39)$$

Принимая температуру стенки равной $t_{ct}=800^{\circ}C$ и степень черноты $\varepsilon_{cm} = 0,8$, коэффициент теплоотдачи излучением:

$$\alpha_{изл}^{низ} = \frac{C_0 \varepsilon_{cm.эф} \left[\varepsilon_z \left(\frac{T_z}{100} \right)^4 - \varepsilon_z^{cm} \left(\frac{T_{cm}}{100} \right)^4 \right]}{T_z - T_{cm}} \quad (2.40)$$

где ε_z^{cm} - степень черноты дымовых газов при температуре стенки.

Определим эффективную степень черноты стенки:

$$\varepsilon_{cm.эф} = (1 + \varepsilon_{cm}) / 2 = (1 + 0,8) / 2 = 0,9 \quad (2.41)$$

Тогда:

$$\alpha_{изл}^{низ} = \frac{5,7 \cdot 0,9 \cdot \left[0,138 \left(\frac{1050 + 273}{100} \right)^4 - 0,14 \cdot \left(\frac{800 + 273}{100} \right)^4 \right]}{1050 - 800} = \quad (2.42)$$

$$= 53,5 \text{ Вт} / \text{м}^2 \text{ К}$$

Верх рекуператора.

Считаем $t_{ct}=400^{\circ}C$, отсюда находим:

$$\alpha_{изл}^{верх} = \frac{5,7 \cdot 0,9 \cdot \left[0,155 \cdot \left(\frac{557,4 + 273}{100} \right)^4 - 0,161 \left(\frac{400 + 273}{100} \right)^4 \right]}{557,4 - 400} = \quad (2.43)$$

$$= 12,18 \text{ Вт} / \text{м}^2 \text{ К}$$

Средний коэффициент теплоотдачи излучением:

$$\alpha_{изл} = (53,5 + 12,18) / 2 = 32,84 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \text{ К}) \quad (2.44)$$

Тогда:

$$\alpha_{\delta} = \alpha_{конв} + \alpha_{изл} = 7 + 32,84 = 39,84 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \text{ К}) \quad (2.45)$$

Суммарный коэффициент теплоотдачи рекуператора:

$$\bar{K} = \frac{\alpha_1 \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2} = \frac{40 \cdot 39,84}{40 + 39,84} = 19,96 \text{ Вт} / \text{м}^2 \text{ К} \quad (2.46)$$

Поверхность нагрева:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t} = \frac{V_B \cdot (C_{\text{в}}^{K_t K} - C_{\text{в}}^{H_t H})}{K \cdot \Delta t} = \quad (2.47)$$
$$= \frac{24,44 \cdot 10^3 \cdot (1,3583 \cdot 600 - 1,302 \cdot 20)}{3,6 \cdot 19,96 \cdot 492,41} = 544,95 \text{ м}^2$$

Поверхность нагрева секции равна $F_p = 208 \text{ м}^2$.

$$n = \frac{F}{F_p} = \frac{544,95}{208} = 2,62 \approx 3 \text{ секциям}$$

Следовательно, количество установленных секций хватит для нагрева воздуха до нужной температуры.

Выводы по разделу

Изучая научно-техническую литературу, исследования и расчеты, было установлено, что при помощи снижения температуры, при которой нагревается заготовка, возможно снизить необходимый расход топлива.

Для улучшения работы печи было принято решение по модернизации рекуператора, для увеличения температуры нагрева воздуха идущего на горения до 600°C .

Расчетным путем установлено, что за счёт снижение температуры нагрева металла и увеличения подогрева воздуха до 600°C , позволяет снизить расход природного газа в среднем на 21,96% .

3 Охрана труда и окружающей среды

Под охраной труда понимается система мероприятий (правовых, санитарно-гигиенических, социально-экономических, лечебно-профилактических, организационно-технических и пр.) направленных на сохранение здоровья и жизни работников. Основная задача охраны труда – это обеспечение безопасности трудового процесса, сохранность жизни и здоровья рабочих, сокращение показателей травматизма и профессиональных заболеваний.

Безопасность труда обязана предусматриваться на всех этапах проектирования и производства работ на предприятии, в том числе и при организации рабочих мест. Процесс управления промышленной безопасностью включает в себя разработку, утверждение и реализацию решений, направленных на обеспечение безопасности сотрудников.

3.1 Правовые и нормативно-технические основы охраны труда и окружающей среды

Законодательство о труде устанавливает правовые и технические нормы в области охраны труда, а также предусматривает систему надзора и общественного контроля и ответственности за их нарушение [17].

Нормативной основой системы управления охраны труда считаются:

- Конституция РФ (статьи 2, 7, 24, 37, 41, 42, 45, 60).
- ТК РФ от 01.02.2002г. устанавливает Государственные гарантии трудовых прав и свобод граждан.
- ФЗ «Об основах охраны труда в РФ»;
- ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;
- ФЗ «Об обязательном соц. страховании от несчастных случаев на производстве и проф. заболеваний»;
- ФЗ «Об основах охраны труда в РФ» (Принят Гос.Думой 23 июня 1999года. и одобрен Советом Федерации 2 июля 1999года.).

ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (Принят Гос.Думой 20 июня 1997года.).

(21июля 1997г.)

ФЗ об обязательном социальном страховании от проф.заболеваний и несчастных случаев на производстве и (Одобен Советом Федерации 9 июля 1998г. №181-ФЗ в ред. Федерального закона от 17.07.1999г.)

3.2 Организационные мероприятия

3.2.1 Санитарно-бытовое обеспечение

Санитарными нормами установлена площадь на каждого рабочего не менее 4,5 м². Высота производственных помещений обязана являться не менее 3,2 м.

Для создания нормальных условий работы светильники необходимо чистить от 2 до 18 раз в год в зависимости от количества выделяемой пыли. Лампы, пришедшие в негодность, немедленно заменяются, а при установке новых светильников производится проверка освещенности в соответствии с действующими нормами.

Медицинское обслуживание трудящихся организуется таким образом, что организуется регулярное посещение кабинета функциональной диагностики. С целью снятия температурных напряжений рабочие участка стана снабжаются охлажденной газированной водой.

3.2.2 Виды инструктажей по технике безопасности

Весь рабочий персонал комбината обязан своевременно пройти необходимые инструктажи по технике безопасности, которые в свою очередь имеют разделение представленное на рисунке 3. Часть профессий и должностей, утвержденных Ген. Директором, освобождаются от первичного инструктажа.



Рисунок 3 - Перечень инструктажей

3.3 Анализ вредных и опасных производственных факторов

При работе производственных процессов может возникнуть производственная опасность – подразумевающая под собой вероятность возникновения опасных или вредных производственных факторов (ОПФ и ВПФ), в результате коих будут возможны возникновения несчастного случая.

ОПФ – это факторы, воздействия которых на работающих приводят к травме, к ним можно отнести:

- повышенную температуру поверхности оборудования и материала, возможности ожогов при соприкосновениях;
- движущуюся машину и механизм, подвижную часть производственных оборудования – возможности травмирования при нахождении в зоне его действий;
- электрические токи – возможность термических ожогов, механических разрывов ткани и костей, нарушает биологические жизнеспособности в мышечных тканях и сердечных мышц живых материй;
- движения автомобильных технологических транспортов – при попадании в зоны движений возможности травмирования;

- производство работ на значительной высоте возможности травмирований при падениях.

ВПФ – это факторы, воздействия которых на работающих приводят к заболеваниям, к ним можно отнести:

- соединение химического элемента, которое воздействует на центральную нервную систему и органы дыхания;

- повышенные запыленности – раздражения верхних дыхательных путей;

- повышенные уровни шума на рабочих местах – вызывают утомления слухового органа;

- повышенные яркости света – влияют на светочувствительный элемент сетчатки глаз людей.

3.3.1 Шум

Практически все технологические процессы на комбинате сопровождаются повышенным уровнем шума. В результате воздействия шума на организм человека возможно нарушение функций слухового аппарата и нервной системы, а так возможно возникновение стилиных головных болей, нарушение концентрации, снижение остроты восприятия сигнала.

В зависимости от уровня и интенсивности шума различают несколько ступеней его воздействия на организм людей.

Первая ступень с уровнем шума 120-140 дБ может вызвать механическое повреждение органов слуха. Вторая ступень с уровнем шума 100-120 дБ на низких частотах и 80-90 дБ на средних и высоких частотах вызывает необратимые изменения в органах слуха. Третья ступень с более низким уровнем шума оказывает вредное влияние на нервную систему людей.

3.3.2 Вибрация

Вибрация возникает под действием колебаний какой-либо силы. Чувствительность человеческого организма к вибрации зависит от

физической характеристики вибрации. Воздействие вибрации на организм человека может вызвать виброболезнь, нарушение светоощущения, слуха, остроты зрения. В комбинате воздействию вибрации подвергаются работающий персонал с пневматическим ручным инструментом, рабочие, обслуживающие механизмы, которые считаются источником возникновения вибрации.

3.3.3 Воздействие высоких температур

Наиболее неблагоприятным фактором в процессе работы является выделение большого количества тепла.

Неблагоприятное воздействие высоких температур на организм человека: помутнение хрусталика глаза, торможение нервного возбуждения, снижение концентрации, ухудшение состояния сердечно-сосудистой системы.

3.3.4 Запыленность

Пыль оказывает вредное и опасное воздействие на организм человека. Опасное воздействие заключается в травмировании слизистых глаз и верхних дыхательных путей. Вредное воздействие заключается в возникновении таких профессиональных заболеваний, как бронхит, кашель, язва желудка и прочее.

3.3.5 Освещенность

Освещенность оказывает влияние на условия производства работ. Недостаточная освещенность может повлиять на восприятие и напряжение нервной системы. По этой причине освещенность является важнейшим фактором безопасности ведения работ.

3.3.6 Механический травматизм

Производство работ на комбинате при отклонении от заданных параметров может сопровождаться возникновением травм.

К примеру, при неравномерном нагреве заготовок, неправильной калибровке, возможно возникновение неравномерной деформации с разными проявлениями. В результате искривления концов раската возможно

возникновение. поломки оборудования, ударов и травмированию персонала. Для ее устранения на отводящих ролягангах станков устанавливают борты надлежащей высоты, а роляганги ограждают высокими бортами.

3.3.7 Электробезопасность

В зависимости от условия развития и характеров электропоражения отличают контактную электротравму, контактный электрический ожог, ожог электрическими дугами.

Действия электрических токов на организмы \:

Они могут являться термическими (ожоги), механическими (разрывы ткани и кости), химическими (электролиз). Однако, важно то, что токи действуют биологически, нарушают тот самый процесс, с которым связаны жизнеспособности живых материй.

Напряжение питающей сети 220 – 380 вольт. С целью отделения электроопасных зон помещения покрывки заземления покрашены в согласовании с ГОСТом. Вблизи с розетками и выключателями, к которым подведена напряженность 220 и 380 единиц, нанесены алой краской надписи: «220 V» и «380 V».

Электробезопасность на комбинате осуществляется: безопасной конструкцией электроустановок; техническими мероприятиями и способами и средствами индивидуальной и коллективной защиты.

В первую очередь необходимо прекратить воздействие электричества на пострадавшего путем:

- обесточивания источника тока
- перемещение пострадавшего в безопасное место.

3.3.8 Пожарная безопасность

На предприятии используются следующие способы пожарной сигнализации:

- кнопочная, которая установлена на рабочем месте;
- автоматическая, которая срабатывает благодаря датчикам задымления и температуры.

Предприятия взаимодействует с пожарной частью ОЭМК – ПЧ-10

3.4 Охрана окружающей среды

АО «ОЭМК» использует технологии уменьшающие выбросы в атмосферу вредных и опасных газов и других веществ. Выбросы производятся через трубы высотой 12-250м, которые способствуют их рассеиванию. Так же комбинат расположен на достаточном расстоянии от города Старый Оскол, что соответственно снижает неблагоприятное воздействие на экологию города. [17].

Выводы по разделу

В настоящем разделе были изложены сведения о технических, санитарно-гигиенических, организационных, правовых и других аспектах охраны труда, которые присущи технологическому процессу получения готового проката, рассмотрены вопросы охраны окружающей среды.

В целом организация охраны труда и промышленной безопасности в сортопрокатном цехе № 1 ОЭМК находится на соответствующем уровне. Однако, необходимо четкое соблюдение требований техники безопасности для предотвращения аварийных ситуаций на участках.

Вопросы экологической безопасности решены на должном уровне и полностью соответствуют действующим нормативным актам.

4 Экономика производства

4.1 Расчёт годового экономического эффекта

Реализация предлагаемых мероприятий возможна при дополнительных затратах капитала. Капиталовложения на осуществление предлагаемого проекта состоят из затрат на технологию и оборудование, на приобретение их или разработку [17].

Дополнительные капиталовложения составят:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{об}} + K_{\text{с-м}}, \quad (4.1)$$

где $K_{\text{об}}$ – стоимость оборудования.

$K_{\text{с-м}}$ – стоимость строительно-монтажных работ

Реконструкция рекуператора:

1) Затраты на замену секций петлевого рекуператора на секции из жаропрочных сталей, требуется три секции стоимостью 10 млн. рублей каждая.

Капитальные затраты (рублей):

$$K_{\text{об}} = 3 \cdot 10 = 30 \text{ млн.рублей.}$$

2) Затраты на строительно-монтажные работы, руб

$$K_{\text{с-м}} = 0,38 \cdot K_{\text{доп}}, \quad (4.2)$$

Следовательно:

$$K_{\text{об}} = 0,62 \cdot K_{\text{доп}}, \quad K_{\text{доп}} = K_{\text{об}} / 0,62 = 30 / 0,62 = 48,39 \text{ млн.рублей} \quad (4.3)$$

В данном дипломном проекте не предусмотрено изменение фонда оплаты труда.

Расчеты проектной калькуляции себестоимости продукции

Расчеты издержек производства выполняются по статьям с учетом факторов, влияющих на их изменение.

Расходы по переделу для основного вида продукции определяются на основе базовых калькуляций себестоимости. При этом учитываются:

– изменение дополнительные капитальные затраты, изменение амортизационных отчислений;

– снижение расхода технологического топлива

В приложении Г представлена калькуляция производственной себестоимости проката в СПЦ-1.

Природный газ: $0,076 \text{ м}^3 / \text{т} \cdot 10000 \text{ руб} / \text{м}^3 = 760 \text{ р} / \text{т}$ из приложения Д

Природный газ уменьшаем на 21,96 %, тогда, найдем расход

П. Г. $0,059 \cdot 10000 \text{ руб} / \text{м}^3 \cdot \text{м}^3 / \text{т} = 590 \text{ р} / \text{т}$ из приложения Д.

Общая экономия $760 - 590 = 170 \text{ р} / \text{т}$

Себестоимость базовая: 9998,4 руб./т

Себестоимость проектная, руб: $C_{\text{баз.}} - C_{\text{проектн.}} + A = 9998,4 - 170 + 2,9 = 9831,3$

Объем производства: 2000000 т/год

Годовой экономический эффект:

$$\mathcal{E}_Г = (C_{\text{баз.}} - C_{\text{проектн.}}) \cdot V_{\text{пр}} = (9998,4 - 9831,3) \cdot 2 = 334,2 \text{ млн. руб.}$$

Амортизационные отчисления:

$$A = \frac{12 \cdot 48,39}{100 \cdot 2,0} = 2,90 \text{ руб} / \text{т}$$

Срок окупаемости

$$T = \frac{48,39}{334,2} = 0,145 \text{ год}$$

Сравнительные технико-экономические показатели приведены в приложении Д.

Выводы по разделу

Из экономического расчета видно, что годовой экономический эффект от снижения температуры нагрева заготовки и реконструкции рекуператора составит 334,2 млн. рублей, экономия от снижения себестоимости составляет 167,1 рубля на тонну проката, срок окупаемости 0,145 года.

Снижение себестоимости произойдет за счет экономии природного газа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аналитический обзор научно-технической литературы, выявил, что одним из путей по снижению расходов топлива на печах нагрева, является снижение температуры нагрева заготовки и повышение температуры нагрева воздуха идущего на горение.

Предлагается снизить температуру нагрева заготовок с 1250 до 1150 °С и реконструировать рекуператор для увеличения нагрева воздуха с 400 °С до 600 °С. При реконструкции рекуператора предлагается:

1) установить трубы из жаропрочной стали типа Х25Т или Х25Н18Т.

2) установить секции рекуператора с малым диаметром труб, что обеспечивает интенсификацию теплообмена в рекуператоре и подогрев воздуха до 550-600 °С.

Расчёт показателей работы печи в базовом и проектном вариантах показал возможность снижения расхода топлива на 21,96 % при той же производительности и заданных параметрах нагрева.

Экономическое обоснование проекта показало его эффективность.

Экономический эффект от внедрения проекта составит 334,2 млн. рублей в год. Срок окупаемости проекта 0,145 года

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Лисиенко, В.Г., Волков, В. В., Маликов, Ю.К. Улучшение топливоиспользования и управление теплообменом в металлургических печах / В.Г.Лисиенко, В. В.Волков, Ю.К.Маликов, // М.: Металлургия, 1988.-231с.

2 Мастрюков, Б.С. Теория, конструкция и расчеты металлургических печей. Расчеты металлургических печей. / Б.С. Мастрюков. – М.: Металлургия, 1978. – 272с.

3 Буглак, Л.И., Вольфман, И.Б., Ефроймович, С.Ю. Автоматизация методических печей / Буглак Л.И., Вольфман И.Б., Ефроймович С.Ю. и др.//М.:Металлургия, 1981. - 196 с.

4 Технологическая инструкция «Нагрев заготовок перед прокаткой в СПЦ-1» ТИ П.С–334–2014

5 Режимная карта печи нагрева №2 СПЦ-2 РК 67–24–2013

6 Инструкция о охране труда для нагревальщика металла (участок нагрева и термостата) ИОТ 49.008.2015

7 Андреев, С. М. Оптимизация режима нагрева металла в методических печах :Дис. ... канд. техн. наук : 05.16.02 Магнитогорск, 2001 153 с. РГБ ОД, 61:01-5/2319-2

8 Андреев, С.М.,Прозоров, В.В. Оптимизация управления нагревом металла/ С.М. Андреев, В.В. Прозоров// Информационные и кибернетические системы управления и их элементы: Тезисы доклада. Всероссийская молодежная научно-техническая конференция. Уфа, 1997.-.247с.

9 Металлоинвест[Офиц.сайт]. URL:<http://www.metalloinvest.com/business/steel/oemk/>(дата обращения 19.05.2016).

10 Спивак, Э.И., Аносов, В.И., Гусовский, В.Л. и др. Расход топлива перед прокаткой на широкополосных станах / Э.И. Спивак, В.И.Аносов,

В.Л. Гусовский и др. // Бюлл. НТИ. Черная металлургия. -1993. вып. 6. - С.3-12.

11 Михайловский, В.Н., Носов, С.К., Пирожков, А.Н. и др. // Освоение нагревательных печей стана горячей прокатки 2000 / В.Н. Михайловский, С.К. Носов, А.Н. Пирожков и др. // Сталь. -1998. -№2. -С.27-30.

12 Райницхубер, Ф., Якоб, Г., Хиршман, Г. и др. Управление нагревательными печами при помощи микропроцессоров на примере проволочного и мелкосортного станов / Ф. Райницхубер, Г. Якоб, Г. Хиршман и др. // Пер. с нем. Черные металлы. -1986. -№4 -С.3-9.

13 Спивак, Э.И., Смирнитская, Н.А. Экономия топлива в нагревательных печах прокатного производства / Э.И. Спивак, Н.А. Смирнитская // Бюлл. ин-та «Черметинформация». Черная металлургия. - 1988. вып. 22. -С.25-28.

14 Брод, Х., Риман, Г., Фогт, Х. и др. Оптимизация печей повторного нагрева широкополосного стана горячей прокатки фирмы Группсталь / Х. Брод, Г. Риман, Х. Фогт и др. // Пер. с нем. Черные металлы. -1992. -№8. -С.6-13.

15 Шупе, В., Талер, Г. Обзор современного состояния управления печами с помощью вычислительной техники // Пер. с нем. Черные металлы. - 1987. -№20. -С.9-14.

16 Андреев, С.М., Парсункин, Б.Н. Экспериментальное исследование эффективности энергосберегающих оптимальных режимов нагрева металла / С.М. Андреев, Б.Н. Парсункин // Автоматизированные технологии и производства. – 2014. – № 6. – С. 134-143.

17 Герман, М.Л., Кабишов, С.М., Ознобишин, А.А. Методы повышения энергоэффективности работы нагревательных печей металлургического и машиностроительного производства / М.Л. Герман, С.М. Кабишов, А.А. Ознобишин // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергия. – 2011. – № 5.– С. 78-85.

Dist24.ru

ТГ: @student_help24_bot

Учебные работы под ключ!