ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

«МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ СТАЛИ И СПЛАВОВ»

НОВОТРОИЦКИЙ ФИЛИАЛ

**ФАКУЛЬТЕТ**

**КАФЕДРА**

**СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 150101 «МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ»**

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

**на тему: РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВЫПЛАВКИ НИЗКО- И СРЕДНЕЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ АЗОТА**

**ДИПЛОМНОЕ ЗАДАНИЕ**

**Студенту группы** \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Ф.И.О. полностью)

1. Тема дипломной работы. Разработка технологии выплавки низко- и среднелегированных сталей с пониженным содержанием азота

2. Цели дипломной работы. Разработка рациональной технологии получения в стали содержания азота ниже 0,008 % .

3. Исходные данные. Материалы преддипломной и инженерной практик.

4. Основная литература, в том числе:

4.1. Монографии, учебники и т.п. Металлургия стали / В.И.Явойский и др.; Водород и азот в стали / А.Н.Морозов; Термодинамика и кинетика взаимодействия газов с жидкими металлами / Б.В Линчевский.

4.2. Отчеты по НИР. Отчет о НИР: «Отработка технологии производства стали с массовой долей азота не более 0,008%.

4.3. Периодическая литература. Журналы «Электрометаллургия», «Сталь».

4.4. Справочная и методическая литература (в том числе литература по методам обработки экспериментальных данных). Каблуковский А.Ф., Молчанов О.Е., Каблуковская М.А. Краткий справочник электросталевара.

5. Перечень основных этапов исследования и форма промежуточной отчетности по каждому этапу. Аналитический обзор литературы по производству сталис низким содержанием азота, анализ производственных данных.

6. Использование ЭВМ. \_Построение диаграмм и графиков - MS Excel,. оформление дипломной работы– MS Word.

7. Перечень подлежащих разработке вопросов по экономике. \_Расчитать основные техноко-экономические показатели новой технологии. Рассмотреть вопросы организации труда, оценить экономическую эффективность предложенных мероприятий.

8. Перечень подлежащих разработке вопросов безопасности жизнедеятельности. Провести анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов, разработать технические меры защиты от одного из факторов.

9. Перечень подлежащих разработке вопросов по охране окружающей природной среды. Предусмотреть выполнение требований по защите окружающей среды при производстве электростали.

10. Перечень (примерный) основных вопросов, которые должны быть рассмотрены и проанализированы в литературном обзоре. Опыт производства стали с низким содержанием азота на различных металлургических предприятиях

11. Перечень (примерный) графического и иллюстративного материала. Результаты анализа производственных данных в виде таблиц и графических зависимостей (6-7 плакатов); результаты расчета экономической эффективности предложенных мероприятий (2 плаката).

12. Срок сдачи работы руководителю \_\_\_

13. Консультанты по работе:

***по экономике и управлению производством*\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/\_ \_/**

***по безопасности жизнедеятельности*\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/\_ \_/**

***по охране окружающей природной среды*\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/\_** \_**/**

**Нормоконтроль \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/\_** \_**/**

**Дата выдачи задания** \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Руководитель проекта\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/\_ \_/**

**Задание принял к исполнению студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/\_ \_/**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Формат | Обозначение | | | Наименование | | | | Кол.  листов | | | Примечание | |
| А4 | 03.Р.09.03.19ПЗ | | | Пояснительная записка | | | | 106 | | |  | |
|  | 03.Р.09.03.19ПЛ | | | Технологическая схема производства | | | | 1 | | | Плакат | |
|  |  | | | в ЭСПЦ | | | |  | | |  | |
|  |  | | | Изменение массовой доли азота по | | | | 1 | | | Плакат | |
|  |  | | | ходу производства | | | |  | | |  | |
|  |  | | | Зависимость содержания азота после | | | | 1 | | | Плакат | |
|  |  | | | выпуска от расхода кислорода | | | |  | | |  | |
|  |  | | | Зависимость расхода кислорода от | | | | 1 | | | Плакат | |
|  |  | | | общей массы металлошихты | | | |  | | |  | |
|  |  | | | Зависимость массовой доли азота от | | | | 1 | | | Плакат | |
|  |  | | | общей массы металлошихты | | | |  | | |  | |
|  |  | | | Зависимость массовой доли азота от | | | | 1 | | | Плакат | |
|  |  | | | расхода лома типа (3А+ШЭ) | | | |  | | |  | |
|  |  | | | Зависимость массовой доли азота от | | | | 1 | | | Плакат | |
|  |  | | | расхода лома типа (ЛПЦ+ШЭЛ) | | | |  | | |  | |
|  |  | | | Зависимость массовой доли азота от | | | | 1 | | | Плакат | |
|  |  | | | расхода УСМ для вдувания на плавку | | | |  | | |  | |
|  |  | | | Технико-экономические показатели | | | | 1 | | | Плакат | |
|  |  | | | График безубыточного объема | | | | 1 | | | Плакат | |
|  |  | | | продаж | | | |  | | |  | |
|  |  | | |  | | | |  | | |  | |
|  |  | | |  | | | |  | | |  | |
|  |  | | |  | | | |  | | |  | |
|  |  | | |  | | | |  | | |  | |
|  |  |  |  |  | 03.Р.09.03.19.ВД | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |
| Изм. | Лист | № докум. | Дата | Подпись |
| Студент | | Петкау И.П. |  |  | Ведомость дипломной работы | Лит. | | | | Лист | | Листов |
| Руков. | | Морозов О.Н. |  |  | У |  | |  | 1 | |  |
|  | |  |  |  | МЧМ-03-62 | | | | | | |
| Н. контр. | | Большина Е.П. |  |  |
| Зав. каф. | | Братковский |  |  |

**Аннотация**

В данной работе разработана технология комплексного воздействия на металлический расплав в дуговых электропечах, агрегатах внепечной обработки стали и разливки с целью получения в стали низких содержаний азота, что позволит повысить качество продукции и снизить процент брака.

Проведён анализ металловедческих исследований с целью выявления влияния азота на свойства стали.

Проведены расчёты технологических параметров по предложенной технологии для марки К60(08ГБФУ).

В экономической части дипломной работы рассчитаны основные технико-экономические показатели предлагаемых мероприятий: себестоимость продукции, безубыточный объем производства.

В разделе безопасность жизнедеятельности выявлены наиболее опасные и вредные производственные факторы и предложены меры по их устранению.

В разделе охраны окружающей природной среды рассчитаны валовые выбросы основных загрязняющих веществ по металлургическому предприятию и предложены мероприятия по их частичному устранению.

Пояснительная записка выполнена на 108 страницах, содержит 40 таблиц, 18 рисунков, список использованных источников из 32 наименований.

# Содержание

Введение

1 Аналитический обзор литературы

1.1 Растворимость азота в стали

1.2 Влияние азота на свойства стали

1.3 Источники газов

1.4 Изменение содержания азота по ходу плавки

2 Анализ технологических параметров выплавки стали на различных предприятиях

2.1 Рафинирование расплавов от азота при внепечной обработке в условиях ОЭМК

2.2 Анализ технологии производства стали в ЭСПЦ Молдавского металлургического завода (ММЗ)

3 Содержание азота в стали, выплавленной в ЭСПЦ ОАО «Уральская Сталь»

3.1 Технологическая схема производства

3.2 Анализ существующей технологии производства

3.2 Предлагаемая технология

3.2.1 Общие требования к марке 08ГБФ-У

3.2.2 Технологическая схема производства стали

3.2.3 Выплавка стали в электропечи

3.2.4 Внепечная обработка

3.2.5 Разливка

4 Организация и экономика производства

4.1 Структура управления электросталеплавильного цеха

4.2 Режим работы цеха и баланс рабочего времени

4.3 Штатное расписание

4.4 Экономика производства

4.4.1 Расчет годового производства цеха

4.4.2 Расчет дополнительных капитальных затрат

4.4.3 Расчёт производительности труда

4.4.4 Качество продукции и выход годного

4.4.5 Расчет плановой калькуляции себестоимости продукции

4.4.6 Расчет прибыли от реализации продукции

4.4.7 Экономическая эффективность проектных решений

4.4.8 Определение объема безубыточного производства

5 Безопасность жизнедеятельности

5.1 Объемно-планировочные решения зданий и сооружений цеха, расположение цеха на генеральном плане

5.2 Идентификация потенциально опасных и вредных производственных факторов

5.3 Санитарно-технические требования

5.3.1 Требования к микроклимату помещения

5.3.2 Требования к освещению пульта управления

5.4 Разработка мер защиты от опасных и вредных факторов

5.5 Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях

5.6 Расчёт теплозащитного экрана на ДСП

6 Охрана окружающей природной среды

6.1 Экологическая характеристика ОАО «Уральская Сталь»

6.2 Валовые выбросы основных загрязняющих веществ по предприятию

6.3 Экологическая характеристика электросталеплавильного цеха ОАО «Уральская Сталь»

6.4 Расчет платы за выбросы ЭСПЦ за 2005 год

6.5 Влияние на здоровье человека загрязняющих веществ

6.6 Мероприятия по снижению валовых выбросов

6.6.1 Характеристика газоотводящего тракта ДСП

6.6.2 Мероприятия по снижению пылегазовых выбросов

Заключение

Список использованных источников

# Введение

Настоящий период развития металлургии характеризуется возросшими требованиями новых отраслей техники к качеству многих марок стали. В результате увеличились масштабы производства стали и сплавов, содержащих ничтожно малое количество газов, неметаллических включений и других нежелательных примесей; разработаны новые способы обработки металла как в самом агрегате, так и вне его. Возможность получения стали с гарантированно низким содержанием вредных примесей при минимальном развитии ликвации обеспечивает возможность роста промышленного производства без существенного увеличения количества выплавляемой стали.

В настоящее время на ряде металлургических предприятий в 100 тонных электропечах выплавляют сталь с массовой долей азота не более 0,008%. Обеспечение низкого содержания азота в готовой стали обусловлено необходимостью повышения качества выпускаемой продукции и завоеванием рынка сбыта металлопроката.

Повышение качества электростали актуально и для ОАО «Уральская Сталь» с целью завоевания более прочных позиций на рынке низколегированных сталей.

В настоящей работе проведён анализ металловедческих исследований с целью выявления влияния азота на свойства стали и на основе физико-химических исследований, использования последних достижений металлургической науки предложена технология комплексного воздействия на металлический расплав в электросталеплавильных агрегатах с целью получения в стали низкого содержания [N] менее 0,008 % в условиях ЭСПЦ ОАО «Уральская Cталь»

Возможность успешного выполнения проекта базируется на достаточно плодотворных наработках, сделанных в последние 10-15 лет и широко представленных в многочисленных публикациях в отечественных и зарубежных периодических изданиях, а также трудах международных конференций.

**1 Аналитический обзор литературы**

## 1.1 Растворимость азота в стали

В любой стали в некоторых количествах содержатся элементы в обычных условиях являющиеся газами. К ним в первую очередь относятся кислород, азот и водород, в значительной степени влияющие на качество стали.

Процесс, в результате которого газы оказываются в металле в атомарном, ионном состоянии или в виде химических соединений, в металлургической практике обычно называют процессом растворения газов в металле. Условно в этом процессе можно выделить несколько стадий:

1. массоперенос газа к поверхности металла;
2. адсорбция газа на поверхности металла;
3. переход через границу газ-металл;
4. диффузия газа в тонком перемешиваемом (диффузионном) слое жидкости;
5. массоперенос в толщу металла.

Лимитирующей стадией процесса растворения газов в металле, как правило, является либо внешняя диффузия (подвод газа), либо внутренняя диффузия (массоперенос в металле).

Обычно под растворимостью газа принимают его количество, перешедшее в раствор в металле при нормальном парциальном давлении газа.

В зависимости от суммарного (результирующего) изменения энтальпии ∆Нs растворимость газов повышается или понижается с повышением температуры металла. В случае растворения в чистом железе двухатомных газов установлена четкая связь между парциальным давлением р этих газов в атмосфере над расплавом и растворимостью газа в металле:

S=K√p , (1)

где S-растворимость газа в металле;

К-константа равновесия;

р-парциальное давление газа в атмосфере над расплавом.

Это соотношение называют законом квадратного корня или законом Сивертса.

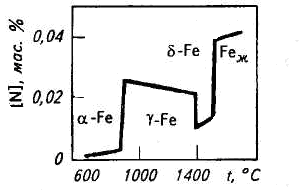
На основании данных об изменении растворимости азота в железе (рисунок 1) можно сделать следующие выводы:

1) растворимость азота в α- и β-Fe возрастает при повышении температуры;

2) растворимость азота в γ-Fe при повышении температуры снижается, что объясняется снижением прочности нитрида Fe4N;

3) растворимость азота при переходе из жидкого состояния в твердое и из одного аллотропического состояния в другое резко изменяется;

4) растворимость азота в жидком железе с повышением температуры возрастает.



**Рисунок 1 - Растворимость азота в жидком железе**

Для процесса растворения азота в жидком железе характерны, по крайней мере, две стадии:

1) диссоциация молекулярного азота на атомы N2 → 2N — сопровождается поглощением тепла;

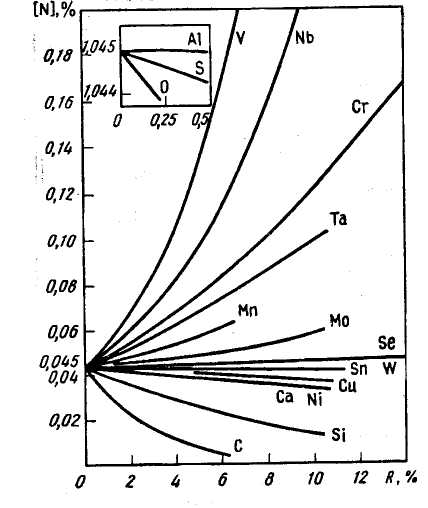
2) растворение атомарного азота N → [N] — сопровождается выделением тепла.

Поскольку ∆Hдис> ∆Hраст ,суммарный процесс протекает с поглощением тепла. При повышенных температурах наблюдается увеличение содержания азота в металле (например, при продувке техническим кислородом с повышенным содержанием азота, в высокотемпературной зоне дуги при электродуговом обогреве и т. п.). При 1600°С и рN2=0,1МПа растворимость азота в жидком железе близка к 0,044 %. При этих условиях азот образует с железом раствор, близкий к идеальному.

Образование нитридов железа (Fe4N, Fe2N) происходит в процессе охлаждения закристаллизовавшегося металла (в основном в области γ-Fe) По влиянию на растворимость азота в жидком железе элементы-примеси металла можно разделить на три группы.

1. Образующие прочные нитриды (ванадий, ниобий, лантан, церий, титан, алюминий). Эти элементы повышают растворимость азота в железе. Такие примеси, как хром, марганец, молибден, обычно нитридов не образуют, но они характеризуются большим химическим сродством к азоту, чем к железу, поэтому также заметно увеличивают растворимость азота.
2. Не образующие нитридов (углерод, никель, медь, фосфор) или образующие с азотом соединения, менее прочные, чем с железом (кремний). Эти элементы заметно снижают растворимость азота в железе.
3. Кислород и сера, мало влияющие на растворимость азота в железе. Являясь сильно поверхностно-активными, они оказывают существенное влияние на кинетику поглощения азота [1].

Влияние содержания примесей железа на растворимость в нем азота видно из рисунка 2. При охлаждении стали, содержащей азот, нежелательным является скачкообразное изменение растворимости. При быстром охлаждении азот не успевает выделиться, и раствор становится пересыщенным. Процесс выделения избыточного азота протекает во время эксплуатации готового изделия и во многих случаях приводит к ухудшению свойств стали (старение и связанное с этим скачкообразное повышение прочности и понижение пластических свойств).



**Рисунок 2 - Растворимость азота в сплавах железо-легирующий элемент R при нормальном давлении и температуре 1600 °С**

Размеры частиц азота в металле значительно больше, чем водорода, поэтому скорости диффузии азота в железе более низкие. Коэффициент диффузии водорода в жидком железе Dн = (8,0 + 9,0) ∙ 10-3 см2/с, тогда как для азота DN =3,77 ∙10-5 см2/с, т. е. ниже на два порядка, поэтому при снижении давления (обработка вакуумом) водород удаляется из металла с большей интенсивностью, чем азот [2].

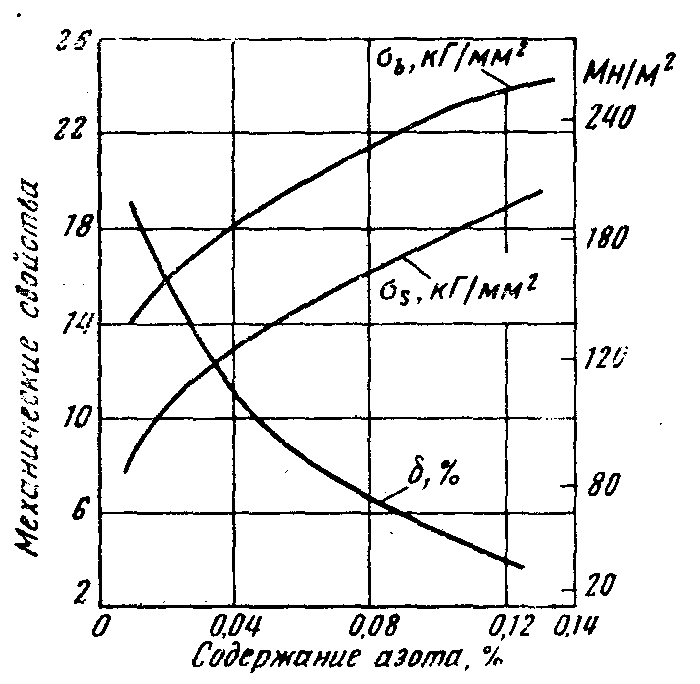
Наличие в железе поверхностно-активных примесей заметно влияет на процессы растворения (и соответственно выделения) азота. Так, например, кислород является поверхностно-активной примесью. В результате присутствия в расплаве кислорода образуется богатый кислородом поверхностный слой, приводящий к снижению скорости перехода азота через границу газ — жидкий металл, поэтому при малой степени раскисленности и небольшом перегреве металла над ликвидусом можно продувать сталь азотом без опасения получить чрезмерно высокое его содержание. Иное развитие у процесса, когда металл хорошо раскислен либо когда в агрегате или в какой-то локальной зоне (например, в зоне электрических дуг или в зоне подачи технического кислорода в ванну) имеют место заметные перегревы металла [3].

## 1.2 Влияние азота на свойства стали

При отсутствии в стали элементов, образующих нитриды при высокой температуре (Ti, Al, Zr, V), после образования α-Fe начинается выделение азота из раствора в виде включений нитридов железа (Fe2N, Fe4N, Fe8N). Это выделение может продолжаться длительное время после охлаждения и, так как оно происходит в основном при низкой температуре, выделившиеся включения дисперсны (размером порядка 10-3 мкм). Дисперсные включения нитридов железа располагаются по кристаллографическим плоскостям и, препятствуя перемещению дислокаций, вызывают охрупчивание металла. Результатом этого является снижение ударной вязкости и относительного сужения, при одновременном повышении твердости и прочности.

Как и выделение нитридов железа, снижение ударной вязкости усиливается при длительном хранении или эксплуатации стальных изделий, достигая минимума через 20—40 суток, поэтому описываемое явление получило название старения. Старение может быть ускорено искусственно, если закаленное железо или сталь подвергнуть холодной пластической деформации, увеличивающей скорость распада твердого раствора и выделения нитридов железа. В результате старения ударная вязкость может уменьшиться в четыре—шесть раз, поэтому склонность к старению является пороком стали. Она характерна для малоуглеродистой стали, не раскисленной алюминием или ванадием [1].

Влияние азота на механические свойства стали показано на рисунке 3.



**Рисунок 3 – Влияние азота на механические свойства стали**

Присадка в сталь элементов, связывающих азот в нитриды при высоких температурах, устраняет склонность стали к старению. Такими элементами являются следующие:

1) алюминий, образующий нитриды в основном во время затвердевания и в твердом металле до температуры превращения γ-Fe в α-Fe;

2) ванадий и цирконий, образующие нитриды во время кристаллизации;

3) титан, образующий нитриды в жидкой стали и во время кристаллизации.

Наибольшее применение получил алюминий, широко применяемый и в качестве раскислителя. При обычных концентрациях азота и алюминия в твердом металле образуются нитриды. Но включения этих нитридов, выделяясь при более высокой температуре, имеют на два-три порядка большие размеры, чем включения нитридов железа, поэтому они не оказывают такого влияния на движение дислокаций и не вызывают старение.

Следовательно, спокойная сталь, раскисленная алюминием, не склонна к старению. Однако и в стали, раскисленной алюминием, может наблюдаться понижение ударной вязкости. Это проявляется при высоком содержании азота и алюминия (например, 0,01% N и 0,2% А1), когда в металле образуется межзеренный излом, проходящий по границам зерен первичного аустенита. Образование такого излома вызвано ослаблением связи между зернами вследствие выделения по их границам включений нитрида алюминия, и оно свидетельствует об ухудшении свойств металла.

## Подводя итог всему вышесказанному избыточное содержание азота в стали приводит к понижению предела текучести и временного сопротивления, к тому же он является основной причиной старения малоуглеродистых сталей. В стали, производимой в электропечах, содержится 0,008-0,012% азота. Поскольку азот является трудноудалимой примесью, его отрицательное влияние можно нейтрализовать путём введения нитридообразующего элемента для получения высокопрочных нитридов. При этом достигается в первую очередь повышение вязких свойств сталей. Но для сведения вредного влияния азота к минимуму желательно получать сталь с содержанием этого элемента меньше 0,004% [4] .

## 1.3 Источники газов

К основным источникам газов относятся :

1) шихтовые материалы ;

2) атмосфера плавильного агрегата, а также подаваемое на поверхность или в глубь ванны дутье (технический кислород или воздух );

3) ферросплавы и различные добавки, вводимые в металл или шлак по ходу плавки и разливки ;

4) атмосфера, окружающая жидкий металл при выпуске и разливке.

Большое количество газов вносит в металл шихта и, несмотря на то, что эти газы в значительной мере удаляются из металла по ходу плавки, на насыщенность шихтовых материалов газами обращают особое внимание. Лом содержит обычно 0,003-0,005% N. Чугун содержит обычно 0,0055 N [5].

## 1.4 Изменение содержания азота по ходу плавки

Поведение азота при выплавке стали с использованием металлического лома в шихте изучали многие исследователи, которыми установлено, что после проплавления шихты и проведения окислительного периода концентрация азота зависит от химического состава стали, конкретных условий ведения плавки и от количества окисленного углерода.

Сталь, изготовленная в открытых электрических дуговых печах, содержит несколько больше азота, чем мартеновская сталь того же состава. Обычно это объясняют более высокой температурой и диссоциацией азота в зоне дуг.

За время плавления в электрических дуговых печах протекают оба процесса: азот поглощается из атмосферы печи плавящимся в зоне дут металлом (преимущественно в начале периода плавления до появления жидкого шлака) и выделяется совместно с окисью углерода, образующейся в результате окислительного воздействия железистого шлака на жидкий металл.

Сам факт поглощения азота из атмосферы печи подтверждается благотворным влиянием раннего шлакообразования и уменьшения засоса воздуха в ее рабочее пространство, способствующих снижению содержания азота к концу плавления. Общее количество азота, поглощенного за время плавления, видимо, невелико, так как в противном случае трудно было бы объяснить существование отчетливой зависимости между содержанием азота в шихте и его концентрацией в готовой углеродистой стали или в металле к концу окислительного периода плавки

Окисление металла во время плавления и связанное с ним выгорание некоторого количества углерода способствуют понижению концентрации азота к концу плавления. Поэтому в плавках с затянувшимся плавлением азота и углерода в металле бывает обычно меньше. Замена извести известняком снижает содержание [N] к концу плавления примерно на 0,002%.

Для выражения зависимости между изменением [N, %] за время кипения (Δ[N, %]) и количеством выгоревшего углерода (Δ[С]) были предложены различные уравнения. Однако в действительности:

lg[N]/[N]0 = -k([C]0-[C]), (2)

т. е. логарифм относительного изменения концентрации [N] пропорционален количеству выгоревшего углерода.

Даже в благоприятных условиях количество азота, выделяющегося из металла в окислительный период плавки, обычно не превышает 30—50% от его исходного содержания. Если в металле по расплавлении было 0,006—0,011% N, то к концу окислительного периода плавки содержание его обычно находится в пределах 0,004—0,008%. В таких пределах изменение содержания азота в металле за время кипения Δ[N, %] примерно пропорционально lg[N]/[N]0, а следовательно, по уравнению и ([С]0—[С]). Чтобы более полно выделить азот, необходимо значительное увеличение Δ[С,%]. Для получения стали с низким содержанием азота рекомендуется окислять 0,35—0,45% С (*vс* около 0,35% С в час). Эти рекомендации подтверждаются практикой работы наших заводов и последними выводами Чуйко (0,3—0,5% С для основных и 0,2— 0,3% для кислых дуговых печей) [5].

Изменение содержания азота в окислительный период плавки, проводимый с использованием газообразного кислорода, зависит от чистоты кислорода и способа его подачи в ванну. При подаче кислорода через стационарную фурму ее сопло располагается на 300—500 ммот поверхности металла. В этом случае струя кислорода разбавляется инжектируемым воздухом и содержание азота в металле уменьшается медленнее, чем при подаче кислорода в ванну через трубки, а в отдельных случаях даже увеличивается. Подобное явление было установлено на одном из наших заводов, при изготовлении трансформаторной стали в 100-т дуговых печах. Среднее содержание азота за время продувки металла кислородом в проконтролированных плавках повышалось с 0,0053% до 0,0076% и вновь понижалось до 0,0070% после добавки чугуна (1% от веса садки), вызывавшего вскипание ванны.

Во все периоды плавки металл в большей или меньшей мере соприкасается с печными газами. Площадь поверхности соприкосновения металла с газами зависит от типа процесса и периода операции; при выпуске металла из печи и при его разливке площадь поверхности соприкосновения металла с газом больше, чем в те периоды плавки, когда металл покрыт шлаком. При плавке стали в электропечи азот переходит в металл из печной атмосферы во время плавления. Этому способствует восстановительная атмосфера в области дуг и в общем незначительное окисление металла, а также диссоциация азота в дугах. После образования окислительного шлака, растворяющего очень мало азота (0,002-0,008%) , поступление азота в металл из печной атмосферы практически прекращается, поэтому ранее шлакообразование позволяет меньшее содержание азота в металле к началу окислительного периода. Во время окислительного периода происходит удаление части азота из металла вследствие экстрагирования его пузырями СО. Количество удаляемого азота увеличивается с ростом количества окислительного углерода. Содержание какого-либо газа в металле зависит от парциального давления этого газа в окружающей металл атмосфере. Практика показывает, например, что содержание азота в стали, полученной при продувке чугуна воздухом выше, чем при продувке чистым кислородом. Принимая во внимание это обстоятельство, наиболее чистую по содержанию газов сталь можно получать при плавке и разливке в вакууме. В этом случае металл не только не насыщается газами из атмосферы, а наоборот, содержащиеся в металле газы экстрагируются из него. В обычных условиях роль, аналогичную воздействию вакуума, играют пузыри СО, образующие при окислении углерода. Водород и азот, растворенные в металле стремятся выделиться в пузырь монооксида углерода, поскольку их парциальные давления в нем равны нулю. В тех случаях, когда металл кипит, изменения содержания газов в нем зависит от двух действующих в противоположном направлении факторов : насыщения металла газами в результате влияния атмосферы агрегата и выделение газов из металла вместе с пузырями монооксида углерода. В момент, когда кипение по каким-то причинам прекращается, прекратиться и очищающее действие СО.

Такое же очищающее воздействие оказывает продувка металла инертным газом (например, аргоном) или разливка стали в атмосфере инертного газа. Продувка стали аргоном - один из самых распространённых способов внепечного рафинирования. Одной из задач продувки является снижение содержания газов в металле – кислорода, азота и водорода [6].

При дегазации раскисленной стали удаление азота при всех способах нестабильно и незначительно, при продувке стали на воздухе или в вакууме содержание азота изменяется на 8 – 13%. Дегазация нераскисленных сталей практически не сопровождается удалением азота до момента ввода раскислителей, после чего начинается период деазотации, что объясняется образованием нитридов титана и алюминия и их удалением пузырьками аргона. Однако удаление азота в процессе продувки расплава аргоном неэффективно даже при использовании большого (более 2 м3/т) расхода аргона. В ряде случаев, когда металл не содержит нитридообразующих примесей и температура металла невелика, аргон для продувки заменяют более дешевым азотом. Содержание азота при этом почти не изменяется, а содержание водорода уменьшается. Кроме указанных факторов, на содержание газов в металле влияет также вводимые по ходу плавки добавки (известь, руда, ферросплавы и т.д.) [7].

При выпуске расплава из печи и его продувке происходит значительное повышение концентрации азота на 0,002 - 0,004%. Это связано с взаимодействием расплава с атмосферой и увеличением интенсивности поступления азота из шлака в металл. Следует отметить, что при более низких температурах выпуска расплава из печи (< 1640 °С), средний прирост содержания азота 0,001 - 0,002% существенно ниже, чем при температурах выше 1640 °С 0,002 - 0,0035% [8].

В восстановительный период содержание азота в стали возрастает в результате прекращения окисления углерода и, следовательно, удаление азота при увеличении интенсивности поступления его из шлака в металл. Последнее является следствием значительного увеличения растворимости азота в шлаке при его раскислении. В белых шлаках растворимость азота согласно исследованиям Н.М.Чуйко, составляет 0,03-0,06%, а в карбидных шлаках достигает 0,2% [8].

Эффективным способом уменьшения количества азота, поступившего в сталь в восстановительный период, является уменьшение продолжительности восстановительного периода и отказ от работы под карбидным шлаком. В среднелегированных сталях, выплавляемых в дуговой электропечи, обычно содержится 0,006-0,012% N ( по сравнению с 0,004-0,008% N в мартеновской и 0,002-0,005% N в кислородно-конвертерной стали). В высоколегированной стали содержание азота выше и может достигать 0,02% в следствии увеличения растворимости азота в металле и внесения его ферросплавами ( содержание азота в феррохроме 0,004-0,05%, а в ферромарганце 0,01-0,06%).

При вакуумной обработке стабильно достигается низкая концентрация водорода, отвечающая близкому парциальному давлению водорода в газовой фазе. Снижение азота при его исходном содержании 0,003 - 0,006% незначительно и составляет в среднем 4%, а при более высоком содержании 0,015 - 0,028% составляет 15 - 29%. Таким образом, снижение азота зависит от его исходного содержания, а конечная концентрация не достигает расчётных значений, отвечающих закону Сивертса [9].

Снижение концентрации азота достигается на 10-20% лишь при вакуумировании частично или полностью раскисленного металла. Более высокое (до 40%) снижение концентрации азота наблюдали только при вакуумной обработке нераскисленного металла. Исследователи объясняют это удалением азота с оксидом углерода, образующегося при взаимодействии углерода и кислорода. В тоже время удаление азота из нераскисленного металла должно тормозиться наличием растворённого кислорода. Кислород, являясь поверхностно-активным элементом, защищает металл от насыщения азотом. Поэтому более позднее раскисление расплава алюминием способствует получению в металле низкой концентрации азота, что необходимо учитывать при выборе оптимального режима раскисления для снижения азотации металла в процессе внепечной обработки. В этой связи необходимо рассматривать процесс удаления азота из нераскисленного металла с пузырьками СО, а после раскисления с поверхности взаимодействия металл - газовая фаза [7].

**Вывод**

Получению металла с минимальным содержанием азота способствуют следующие мероприятия :

1) использование чистых по азоту шихтовых материалов;

2) предохранение металла от соприкосновения с азотосодержащей атмосферой в зоне очень высоких температур или искуственное охлаждение этой зоны;

3) организация по ходу плавки кипения ванны (удаление азота с пузырьками СО) ;

4) обработка металла вакуумом ;

5) продувка металла инертными газами;

6) связывание азота в прочные нитриды при введении в сталь нитридообразующих элементов (например, алюминия).

# 2 Анализ технологических параметров выплавки стали на различных предприятиях

## 2.1 Рафинирование расплавов от азота при внепечной обработке в условиях ОЭМК

Было исследовано поведение азота при различных вариантах технологии внепечной обработки стали, в том числе с применение агрегата комплексной обработки стали (АКОС) и установки порционного вакуумирования стали (УПВС). Показано, что содержание стали, выплавляемой по предложенным вариантам технологии, значительно ниже, чем по базовой. Предложенная технология внепечной обработки позволяет получить сталь с содержанием азота в прокате не более 0,008%.

Особенностью ОЭМК (Оскольский электро-металлургический комбинат) является использование в шихте сталеплавильного производства металлизованных окатышей. Схема плавки в ДСП состоит из плавления металлического лома (20-30%) или 10-15% жидкого металла, оставленного в печи от предыдущей плавки, и непрерывной загрузки и проплавлении (65-80%) металлизованных окатышей.

В настоящее время металл выплавляют по трем технологическим схемам:

1) ДСП- установка продувки аргоном (УПА) - установка непрерывной разливки стали (УНРС) (отдача алюминия на выпуске);

2) ДСП-УПА-АКОС-УНРС (отдача алюминия на выпуске);

3) ДСП-УПА-УПВС-УНРС (отдача алюминия на выпуске).

*Внепечная обработка стали по схеме ДСП -УПА - УНРС*

Были исследованы промышленные плавки среднеуглеродистой стали 2105. В процессе выплавки и внепечной обработки стали осуществляли отбор проб металла и измерение температуры.

Данные по изменению концентрации азота при выплавке стали 2105 представлены в таблице 1.

**Таблица 1- Изменение содержания азота в металле в процессе выплавки и внепечной обработки стали 2105**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Печь | | Внепечная обработка па УПА | | | | | | Маркировочный анализ |
| Последняя проба | | Проба 1 | | Проба 2 | | Проба 3 | |
| [N],%10-4 | Т, оС | [N],%10-4 | Т, оС | [N],%10-4 | Т, оС | [N],%10-4 | T, oC | [N],%10-4 |
| 33 | 1714 | 48 | 1619 | 49 | 1619 | 54 | 1565 | 70 |
| 53 | I688 | 78 | 1610 | 85 | 1609 | 66 | 1576 | 102 |
| 49 | 1675 | 71 | 1623 | 70 | 1583 | 76 | 1573 | 90 |
| 44 | 1693 | 69 | 1641 | 71 | 1570 | 71 | 1570 | 96 |
| 41 | 1720 . | 63 | 1619 | 71 | 1610 | 69 | 1600 | 94 |
| 44 | 1714 | 67 | 1621 | 75 | 1570 | 73 | 1567 | 94 |
| 52 | 1704 | 83 | 1619 | 83 | 1597 | 85 | 1590 | 93 |
| 51 | I6S7 | 45 | 1627 | 55 | 1568 | 61 | 1560 | 100 |
| 50 | 1722 | 55 | 1662 | 54 | 1618 | 87 | 1590 | 106 |

Из приведенных данных следует, что концентрация азота в жидком металле в конце периода расплавления шихты составляла 0,0033-0,0053%. Такая низкая концентрация азота обусловлена постоянным на протяжении всего процесса непрерывной подачи металлизованных окатышей кипением ванны. Отметим, что при плавке на металлическом ломе в конце окислительного периода содержание азота в жидком металле составляет 0,006-0,008%. а в восстановительный период - возрастает вследствие интенсивности поступления его из шлака в металл. Последнее является следствием значительного увеличения растворимости азота в шлаке при его раскислении [9].

В белых шлаках растворимость азота составляет 0,03-0,06%, а в карбидных достигает 0,2% [8]. Таким образом, технология плавки в ДСП с использованием окатышей обеспечивает получение более низких концентраций азота в жидком металле, чем при обычной плавке в ДСП с использованием лома (0,006-0,008%).

Химический состав сталей опытных плавок приведен в таблице 2.

**Таблица 2 - Химический состав стали опытных плавок**

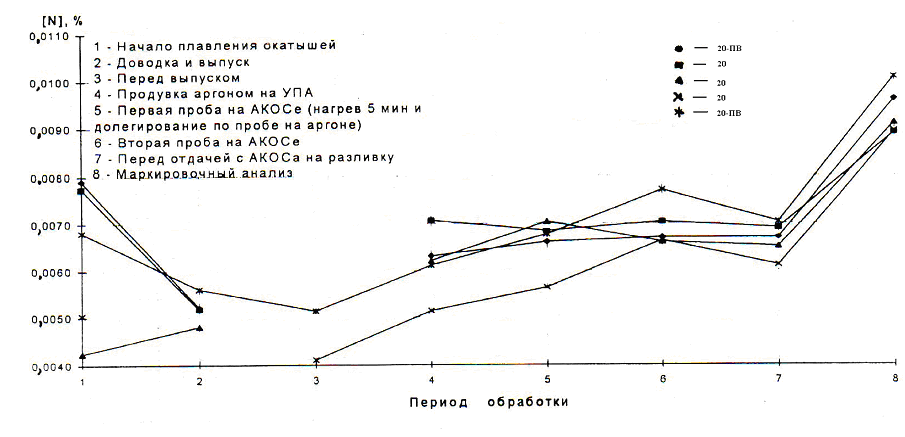
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка  стали | Содержание, % | | | | | | |
| С | Мn | Si | Р | S | С г | V |
| 20 | 0.17-0,24 | 0,35-0,65 | 0,17-0,37 | 0,035 | 0,04 | 0,25 | - |
| 20 ПВ | 0,18-0,24 | 0,35-0,65 | 0,17-0,37 | 0,015 | 0,002-0.015 | 0,15 | - |
| 2055 | 0,25-0,3 | 1,0-1,4 | 0,17-0,35 | 0.035 | 0,045 | 0,30 | 0.04-0.06 |
| 2105 | 0,35**-**0,42 | 1,2-1,5 | 0,17-0.35 | 0.04 | 0,05 | 0.3 |  |

Анализ представленных данных показал, что при выпуске расплава из печи и его продувке происходит значительное повышение концентрации азота (на 0,002-0,004%). Это связано с взаимодействием расплава с атмосферой, внесением азота ферросплавами, коксиком и увеличением интенсивности его поступления из шлака в металл. Снижения концентрации азота за время продувки обнаружено не было.

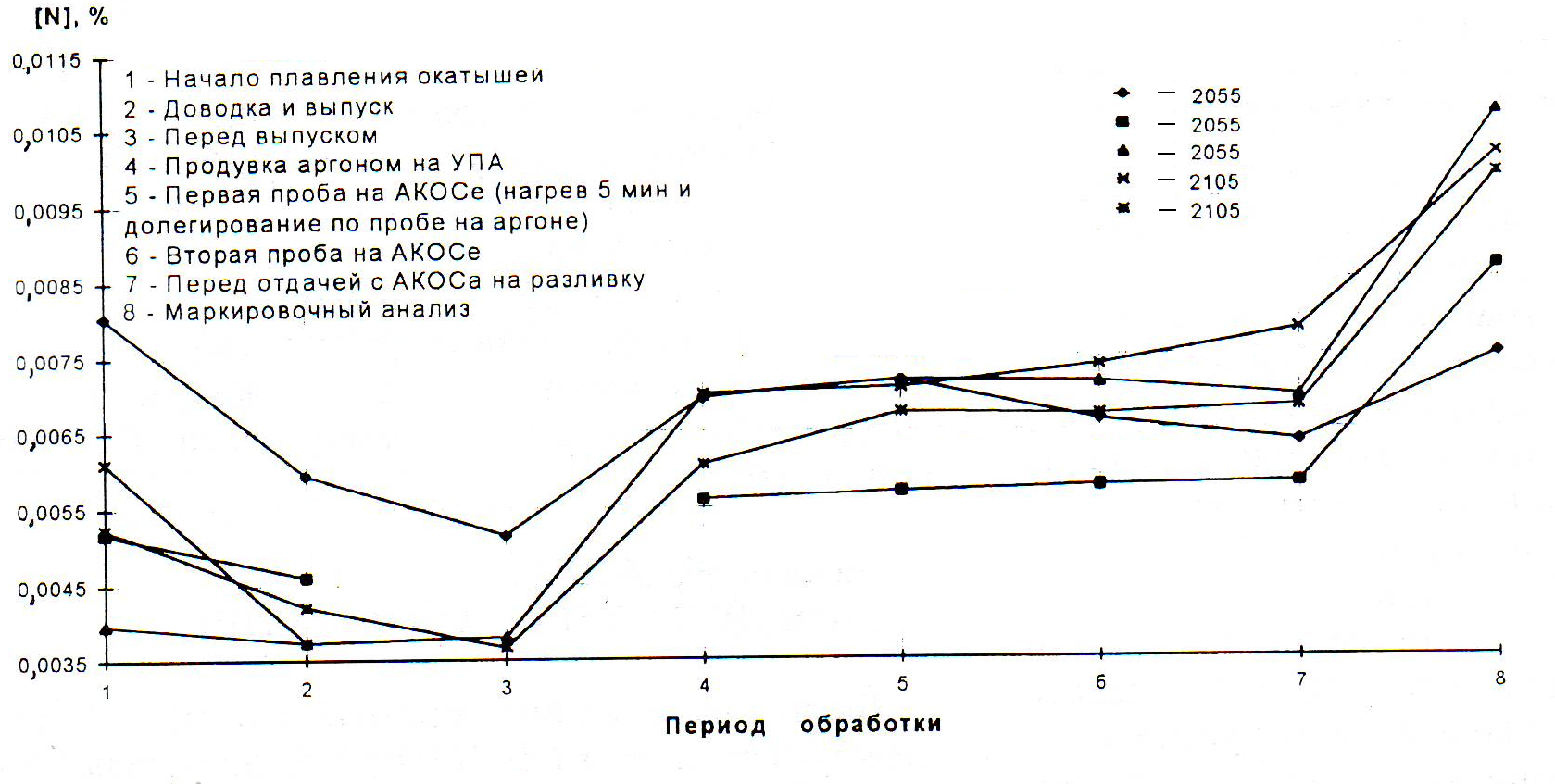
В процессе разливки опытных плавок на УНРС концентрация азота возрастала на 0,002-0,004%. Таким образом, существующая технология выплавки стали позволяет получать в период плавления окатышей достаточно низкое содержание азота в металле (0,0033-0,0053%). Однако на последующих стадиях процесса, начиная с выпуска в ковш и заканчивая разливкой металла, происходит значительное увеличение содержания азота в сталях (0,010-0,0120%).

*Внепечная обработка стали по схеме ДСП - УПА - АКОС - УНРС*

Были исследованы промышленные плавки низкоуглеродистых (20, 20ПВ) и среднеуглеродистых (2055, 2105) сталей. В процессе выплавки и внепечной обработки сталей осуществляли отбор проб металла и замер температуры. В опытном металле исследовали химический состав, содержание азота (рисунки 4 и 5) и технологические параметры процесса выплавки.



**Рисунок 4 - Изменение содержания азота в процессе выплавки и внепечной обработки низкоуглеродистых марок стали с применением АКОС**



**Рисунок 5 - Изменение содержания азота в процессе выплавки и внепечной обработки среднеуглеродистых марок стали с применением АКОС**

Анализ экспериментальных данных по изменению концентрации азота по периодам внепечной обработки показал, что после продувки аргоном на УПА содержание азота в металле составляло в среднем 0,0063-0,0065%.

Концентрация азота в металле в процессе обработки на АКОСе практически не изменялась и перед отдачей на разливку составляла в среднем 0,0067-0,0069%.В дальнейшем концентрация азота в расплаве до маркировочного анализа возрастала в среднем на 0,0028% и достигала среднего значения 0,0096%.

Следует отметить, что при более низких температурах выпуска расплава из печи (<1640 °С), средний прирост содержания (около 0,001-0,002%) был существенно ниже, чем при температурах выше 1640 °С (0,0020-0,0035%) [9].

*Внепечная обработка стали по схеме ДСП-УГТА-УПВС-УНРС*

Анализ промышленных плавок различных марок стали показал, что при обработке раскисленного расплава на установке порционного вакуумирования (УПВС) содержание азота практически не изменялось, что подтверждается данными многочисленных исследований [4,7,8].

Из обобщающего анализа полученных экспериментальных данных следует, что выплавка стали по существующим вариантам базовой технологии не обеспечивает получение конечного содержания азота в металле (не более 0,0080%), удовлетворяющего требованиям заказчика. Поэтому проблема снижения содержания азота в стали на ОЭМК является очень актуальной.

На основании анализа базовой технологии и полученных экспериментальных данных предложена технология внепечной обработки нераскисленного или частично раскисленного на выпуске металла с применением АКОС и УПВС.

Ранее проведенными исследованиями было показано, что кислород, являясь поверхностно-активным элементом, защищает металл от насыщения азотом. Поэтому более позднее раскисление расплава алюминием способствует получению в металле низкой концентрации азота, что необходимо учитывать при выборе оптимального режима раскисления для снижения азотации металла в процессе внепечной обработки.

Для получения низких содержаний азота в готовом металле предложены следующие технологические схемы внепечной обработки стали:

1. ДСП - УПА - УПВС - УНРС (отдача алюминия на УПВС):
2. ДСП - УПА - АКОС - УНРС (отдача алюминия на УПА).

*Внепечная обработка стали по схеме ДСП - УПА - УПВС - УНРС*

Предлагаемая технология предусматривала проведение вакуумной обработки нераскисленного или частично раскисленного на выпуске марганцем и кремнием металла со следующими изменениями существующей технологии:

1) алюминий на выпуске не отдается;

2) плавка вакуумируется не менее 40 циклов, из них первые 20 циклов без отдачи ферросплавов и раскислителей. На 21-22 цикле присаживается гранулированный алюминий в количестве 40 кг. На 22-25 цикле корректируется химический состав.

Задачей исследования являлось изучение изменения содержания азота и кислорода в процессе внепечной обработки стали 2105.

В опытном металле исследовали химический состав, содержание газов (таблица 3) и неметаллические включения.

**Таблица 3 – Изменение содержания азота и кислорода в процессе внепечной обработки нераскисленной стали**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание, % | | | | | | | | |
| До вакуумирования | | После 20 циклов | | После вакуумирования | | В маркировочном анализе | | В прокате |
| Азот | Кислород | Азот | Кислород | Азот | Кислород | Азот | Кислород | Азот |
| 51 | 150 | 48 | 41 | 48 | 54 | 71 | 56 | 80 |
| 52 | 58 | 52 | 51 | 51 | 44 | 57 | 53 | 80 |
| 40 | 68 | 38 | 58 | 40 | 43 | 64. | 32 | 80 |
| 42 | 77 | 40 |  | 45 | 60 | 77 | 48 | 80 |
| 43 | 130 | 31 | 61 | 43 | 61 | 60 | 46 | 80 |
| 56 | 89 | 55 | 47 | 61 | 36 | 85 | 49 | 100 |
| 46 | 77 | 39 | 48 | 39 | 42 | 67 | 55 | 90 |
| 47 | 93 | 43 | 51 | 46 | 49 | 69 | 49 | 80 |

Из экспериментальных данных следует, что вакуумная обработка нераскисленного металла обеспечивала эффективное рафинирование стали от кислорода. Содержание кислорода снижалось в среднем на 0.0047% за счет интенсивного протекания процесса взаимодействия углерода и кислорода в расплаве и степень рафинирования составляла около 50%.

Металл характеризовался высокой микро- и макрочистотой по неметаллическим включениям всех видов. Среднее содержание кислорода в прокате стали составляло 0,0023%, что существенно ниже (на 0,0005-0,0010%) обычного уровня для сталей такого типа.

Из анализа данных следует, что при вакуумировании расплава содержание азота максимально снижалось на 0,0012%. Поэтому следует констатировать, что в процессе вакуумирования азот из металла практически не удалялся. Это объясняется кинетическими трудностями удаления азота из расплава, содержащего более 0,005% растворенного кислорода вследствие резкого снижения скорости десорбции азота. Однако при таких концентрациях кислорода в расплаве (более 0,005%) наблюдается резкое замедление как процесса удаления, так и процесса поглощения азота жидким металлом. Поэтому нераскисленный металл от выпуска из печи до окончания вакуумироваиия был защищен от поглощения расплавом азота из атмосферы. Учитывая тот факт, что для промышленных установок внепечного вакуумирования рафинирование от азота составляло 10-15% [10], а при исходном содержании азота в металле ниже 0,005% практически не изменилось, предлагаемая технология, позволяющая защитить расплав от поглощения азота, является, с нашей точки зрения, более эффективной, чем существующая.

Как видно из представленных данных (см. таблицу 3), концентрация азота в металле после вакуумирования составляла в среднем 0,0046%, что значительно ниже получаемой в стали по существующей технологии. Однако после вакуумирования концентрация азота в расплаве до маркировочного анализа возрастала в среднем на 0,0023%, а содержание азота в прокате составляло в среднем 0,0080% [9].

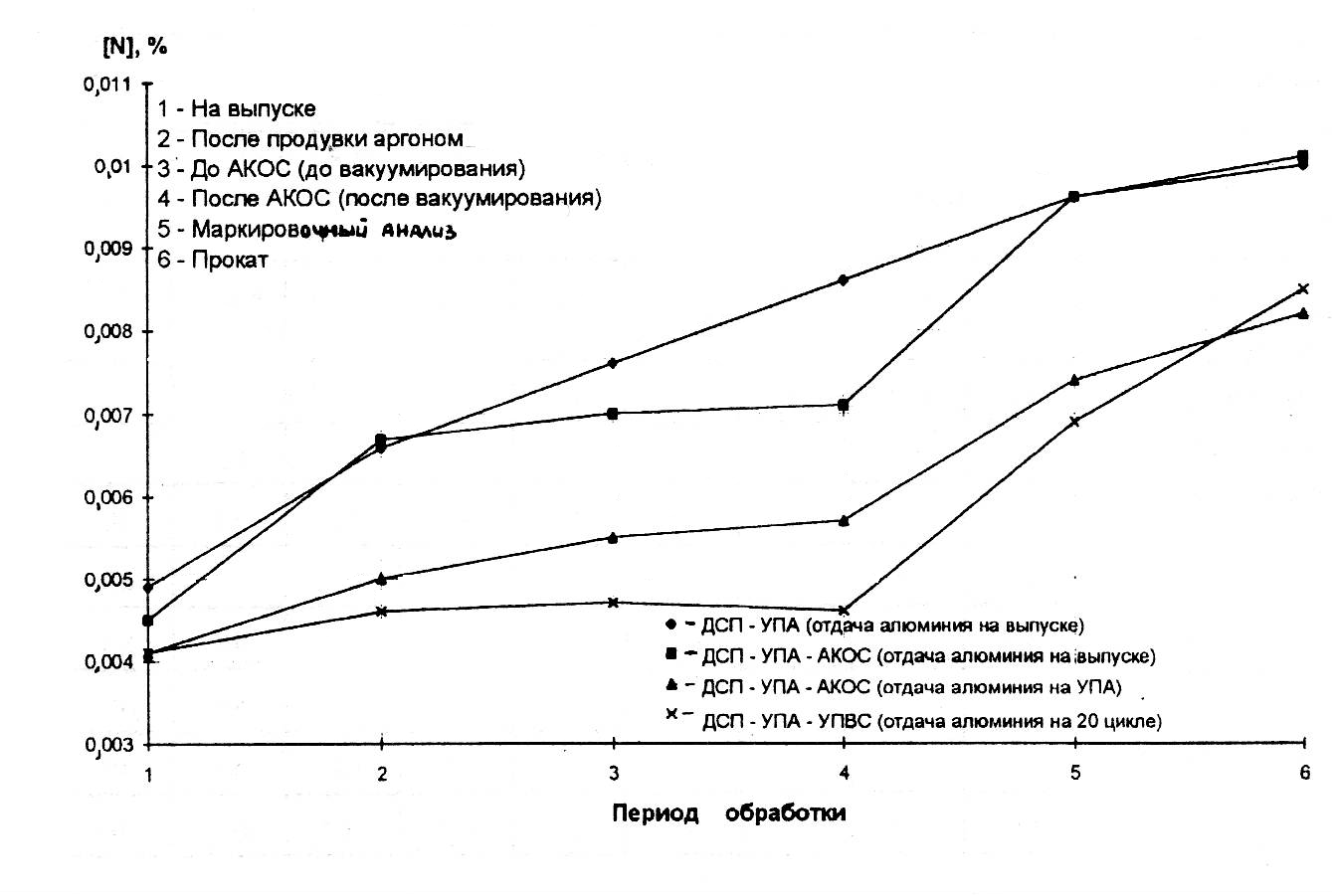
*Внепечная обработка стали по схеме ДСП - УПА - АКОС – УНРС*

Были проведены исследования промышленных плавок стали 2105. Предлагаемая технология предусматривала следующие изменения существующей технологии:

1) алюминий на выпуске не отдается;

2) отдача алюминия производится в первую продувку расплава аргоном на УПА.

В процессе выплавки стали осуществлялся отбор проб металла и замер температуры.



**Рисунок 6 - Изменение содержания азота в расплаве в процессе внепечной обработки**

В опытном металле исследовали содержание азота (рисунок 6), кривая ДСП-УПА-АКОС (отдача алюминия на УПА), технологические параметры процесса выплавки и качество проката из выплавленного металла.

Из представленных экспериментальных данных следует, что прирост содержания азота в расплаве при выпуске в ковш и продувке аргоном значительно ниже (0,0003-0,0010%), чем при существующей технологии.

Предлагаемая технология обеспечивала резкое замедление процесса поглощения азота жидким металлом. Нераскисленный металл в процессе выпуска из печи и продувки аргоном был защищен от поглощения расплавом азота из атмосферы.

Анализ экспериментальных данных по изменению концентрации азота по периодам внепечной обработки показал, что после продувки аргоном на УПА содержание азота в металле составляло в среднем 0,0050%. Концентрация азота в расплаве при обработке на АКОСе практически не изменялась и перед отдачей на разливку составляла в среднем 0,0055-0,0057%. В дальнейшем концентрация азота в расплаве возрастала в среднем на 0,0017% и достигала среднего значения 0,0074%, что значительно ниже получаемой по существующей технологии.

Конечное содержание азота в прокате опытного металла значительно ниже (на 0,001-0,0018%) и составляло в среднем 0,0081-0,0083%. Предложенная технология внепечной обработки нераскисленного на выпуске расплава обеспечивала получение металла с содержанием азота на уровне 0,008%, что в среднем на 0,002% ниже, чем по базовой технологии раскисления [9].

## 2.2 Анализ технологии производства стали в ЭСПЦ Молдавского металлургического завода (ММЗ)

Электросталеплавильный цех Молдавского металлургического завода (ММЗ) имеет дуговую сталеплавильную печь (ДСП), оборудованную кислородными и топливокислородными фурмами, установку ковш-печь (УКП) с продувкой аргоном, регулированием состава и температуры металла, вводом кальций-, углерод- и борсодержащих проволок, установку вакуумирования и шестиручьевую машину непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) сечением 125x125 мм.

В начале освоения комплекса ДСП-УКП-МНЛЗ содержание азота в стали было высоким (10-14∙10-3%). Для снижения содержания азота на первом этапе были реализованы два мероприятия:

1) исходных селективный отбор материалов - металлолома и углеродсодержащих материалов;

2) ведение процесса в ДСП на вспененном шлаке для предупреждения перехода азота в металл из атмосферы.

Следует отметить, что хотя металл в ДСП характеризуется высоким содержанием активного кислорода (более 100 ррm) и серы (более 0,06%) — поверхностно-активных элементов, препятствующих переходу азота — некоторое насыщение металла азотом все же происходит. Это результат высокой температуры в зоне электрических дуг, где азот переходит в атомарное состояние, что облегчает его переход в металл. Продувка металла с высоким содержанием кислорода и серы в УКП через две пористые пробки в днище ковша не приводит к повышению содержания азота, так как, во-первых, нет высокой температуры и, во-вторых, нет возможности перехода азота в атомарное состояние. Следует отметить также влияние чистоты кислорода. Если в кислородных конвертерах с уменьшением чистоты кислорода с 99,5 до 93% содержание азота в металле возрастет на

(10-12)∙10-3%, то в ДСП при снижении чистоты кислорода с 99,5% до 92-94% прирост азота составит 1,5∙10-3%.

На втором этапе исследовали влияние различных факторов на содержание азота по ходу технологического процесса.

Как известно, содержание азота зависит, во-первых, от его содержания в исходных материалах, а, во-вторых, определяется результатом двух противоположных процессов — насыщения азотом из атмосферы и удаления азота с пузырьками СО [11].

Обработкой экспериментальных данных получены следующие зависимости (по сгруппированным данным):

∆[N]ДСП ∙103 = 1,16 - 4,8 ∙ [С]расп; r = -0,82; μ=5,6, (3)

∆[N]ДСП ∙103 = 7,3 - 4,27∙ [С]расп; r = -0,99; μ=16,1, (4)

∆[N]ДСП ∙103 =1,73 - 137∙ [N]pacп; r = -0,99; μ= 16,6, (5)

где [С]расп — содержание углерода в металле по расплавлению, %;

[N]pacп — содержание азота в металле по расплавлению, %;

∆[N]ДСП — прирост содержания азота в ДСП за время от расплавления до выпуска металла, %.

Таким образом, чем выше содержание углерода по расплавлению, тем меньше содержание азота по расплавлению, и тем меньше его прирост за время от расплавления до выпуска из ДСП.

Зависимость (3) можно объяснить тем, что углерод является поверхностно-активным элементом. В.И.Явойский [12] анализировал зависимость поверхностного натяжения сплавов от содержания углерода и температуры. Если при содержании углерода более 0,5% поверхностное натяжение растет с повышением температуры до 1550-1600 °С (т. е. поверхностная активность углерода уменьшается), то при содержании углерода ниже 0,5% при повышении температуры свыше 1600 °С (что имеет место в нашем случае) поверхностное натяжение падает, т. е. поверхностная активность углерода возрастает, что и обусловливает меньшее содержание азота. Второй причиной этого явления может быть тот факт, что более высокие значения содержания углерода по расплавлению обусловлены более высоким расходом чугуна, содержащего меньше азота, чем другие исходные материалы.

Уменьшение прироста азота при повышении [С]расп (зависимость 4) объясняется деазотацией за счет пузырьков СО в процессе кипения металла после расплавления (содержание углерода на выпуске во всех случаях в пределах

0,04-06%). Наконец, зависимость (5) — прирост азота уменьшается с увеличением [N]pacп — прямо вытекает из зависимости (2).

Были также проведены плавки с различными вариантами присадок в ковш на выпуске металла из ДСП, при этом изучали поведение азота в процессе выпуска металла и отстоя, а также при внепечной обработке (таблица 4) [11].

Не установлена зависимость прироста содержания азота в процессе выпуска и отстоя, а также при внепечной обработке от режима присадок в ковш; в то же время установлены зависимости прироста содержания азота от его исходного содержания.

**Таблица 4- Варианты присадок в ковш при сливе металла из ДСП**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели | Варианты присадок | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Введение присадок на  выпуске из ДСП при степени наполнения ковша: |  |  |  |  |
| 1/3 | КМ | - | - | - |
| 1/2 | КМ,СМ | КМ,СМ,ФС | - | ФС,СМ |
| 2/3 | ФС | - | КМ,СМ,ФС | КМ |
| 3/4 | ФС | - | КМ,СМ,ФС | КМ |
| На УКП | ПИ,ПШ,КП,  СМ,ФС | ПИ,ПШ,КМ  КП,СМ,ФС | ПИ,ПШ,КМ,  КП,СМ,ФС | ПИ,ПШ,КПСМ,ФС |
| Содержание и прирост содержания азота, 103 %: |  |  |  |  |
| от последней пробы на ДСП до  первой пробы на УКП:  [N]  ∆[N] | 7,3  4,2 | 6,6  2,2 | 10  1,6 | 7,73  2,8 |
| от последней пробы на УКП до первой пробы на МНЛЗ:  [N]  ∆[N] | 11,5  0,3 | 8,8  2,4 | 11,6  0,4 | 10,3  1,3 |
| Примечание – КМ – коксовая мелочь, КП – коксовый порошок, СМ – силикомарганец, ФС – ферросилиций, ПИ – порошкообразная известь, ПШ- плавиковый шпат. | | | | |

В процессе выпуска и отстоя:

∆[N]∙103 = 5,84 - 40∙ [N]ДСП; r = -0,52; μ=11,8 (6)

В процессе внепечной обработки:

∆[N]∙103 = 9,7 - 810∙ [N]УКП-1; r = -О,99; μ=25,4, (7)

где ∆[N] — прирост содержания азота, %;

[N]ДСП — содержание азота в металле ДСП перед выпуском, %;

[N]УКП-1 — содержание азота в металле первой пробы на УКП, %.

Т.е. при снижении содержания азота в первоначальной пробе возрастает его прирост, причем в процессе внепечной обработки зависимость более значима, о чем свидетельствуют большие коэффициент корреляции и коэффициент перед первоначальным значением содержания азота.

В. И. Явойский [13], ссылаясь на работы Хаменика и Кинджери [14] указывает, что азот является поверхностно-активным элементом, превосходя в этом отношении даже кислород и серу. В процессе выпуска металла с очень высоким содержанием кислорода и серы роль азота как поверхностно-активного элемента не столь значительна, но все же имеет место. При внепечной обработке, в ходе которой содержание кислорода и серы доводят до минимальных значений, роль азота как поверхностно-активного элемента, блокирующего поверхность металла, заметно возрастает.

Таким образом, в процессе выпуска и внепечной обработки для предотвращения насыщения стали азотом, особенно при его низких концентрациях, необходимо изолировать металл от контакта с атмосферой. В процессе выпуска этого можно достичь, присаживая в ковш газообразующие материалы (известняк, сухой лед). В процессе внепечной обработки необходимо выбрать такой режим продувки аргоном, при котором достигается минимальное оголение металла даже при создании восстановительной атмосферы под крышкой УКП. Обработка экспериментальных данных позволила установить параболическую зависимость:

∆ [N]УКП-1 ∙10 3 =0,63∙I2 -5,9∙I +13,7; η=-0,99; μ=2,6, (8)

где I — интенсивность продувки аргоном, л/(т∙мин);

η и μ — множественный коэффициент корреляции.

Таким образом, как следует из установленной зависимости, минимальный прирост азота наблюдается при I=4,35 л/(т∙мин); с уменьшением или увеличением интенсивности прирост содержания азота возрастает. В первом случае это можно объяснить слишком малым флотирующим воздействием пузырьков аргона, во втором — значительным оголением зеркала металла и увеличением его контакта с атмосферой.

В результате исследований установлено:

1) содержание азота уменьшается с увеличением содержания углерода по расплавлению;

2) прирост содержания азота в период от расплавления до выпуска уменьшается с повышением содержания углерода по расплавлению;

3) в процессе выпуска и внепечной обработки содержание азота повышается, степень этого прироста азота уменьшается с увеличением исходного содержания азота, причем для внепечной обработки эта зависимость более значима;

4) установлена параболическая зависимость прироста содержания азота от интенсивности продувки аргоном на УКП.

При разработке мероприятий по снижению содержания азота в стали в процессе ее выплавки обычно рассматриваются две возможности — снижение количества азота, вносимого исходной шихтой, и «промывка» жидкого металла инертным газом или оксидом углерода СО, образующимся при окислении углерода “шихты” [15].

При подборе шихтовых материалов рассматривали следующие варианты:

1) полная замена металлического лома с содержанием азота от 0,002 до 0,008% и даже до 0,01%, на металлизованные окатыши, что позволяет получать сталь с содержанием азота на выпуске из печи менее 0,004%;

2) частичная замена металлического лома твердым чугуном, содержащим 0,002-0,003% азота, также способствует снижению содержания азота в стали, но незначительно;

3) частичная замена металлического лома в шихте (до 39%) горячебрикетированным железом (ГБЖ) позволяет снизить содержание азота в стали на выпуске из печи на 0,001-0,002%;

4) замена углеродсодержащих материалов с высокой концентрацией азота (загружаемого с шихтой антрацита и кокса с 0,5-1,1% азота, а также вдуваемого порошка кокса с 0,4-1,7% азота, кокса с 0,15% азота для науглероживания металла) на низкоазотистый кокс с содержанием азота 0,03-0,1% позволяет, уменьшить его концентрацию в стали на выпуске на 0,0013%.

Приведенные данные позволяют сделать вывод что:

1) подбор шихтовых материалов незначительно влияет на концентрацию азота в готовой стали; исключением является использование продуктов прямого восстановления железа;

2) по сравнению со средними значениями содержания азота в стали, полученной в сверхмощной ДСП, наблюдается значительная дисперсия результатов анализа, что свидетельствует о низкой стабильности процесса в отношении поведения азота.

Рафинирование металла нейтральным газом или образующимся в процессе окисления углерода СО при выплавке в сталеплавильном агрегате обеспечивает небольшое снижение концентрации азота. Общепринята точка зрения, что увеличение количества окисленного углерода во время плавки ведет к уменьшению содержания азота. Однако при более внимательном рассмотрении фактических данных выявляется, что роль выноса абсорбированного азота пузырьками газа, проходящего через расплавленный металл, в процессе удаления азота из расплава ничтожно мала [11].

Небольшие значения коэффициента диффузии азота в стали [12], уменьшающиеся при повышенных концентрациях кислорода и серы, обусловливают низкие значения коэффициента массопередачи азота в пузырек газа, особенно в окислительный период плавки. Этим, отчасти, объясняется низкая эффективность процесса удаления азота инертным газом.

Кроме того, абсорбция растворенного в металле азота пузырьком газа быстро замедляется в результате его насыщения азотом. Так, по закону Сивертса следует, что при температуре Т=1873 К, концентрации азота в стали 0,008% и общем давлении в пузырьке газа, равном атмосферному, абсорбция азота прекращается при парциальном давлении азота в пузырьке ррав.=3400 Па [~0,03% (объемные)]. Суммарное действие этих факторов обусловливает низкую эффективность процесса удаления азота инертными газами, а также СО [16].

Известно, что в открытых сталеплавильных процессах снижение содержания азота происходит на протяжении всей плавки, даже несмотря на то, что общее содержание азота в жидком металле всегда намного ниже равновесного с печной атмосферой. Переход азота в печную атмосферу указывает на существование определенных факторов, вызывающих этот процесс.

По-видимому, таким фактором является «эффект накачки», связанный с градиентом окисленности в шлаковой фазе [16], содержание азота в стали при этом может быть на 5—6 порядков ниже равновесного с печной атмосферой.

Так как при выплавке стали в открытых печах всегда существует градиент окисленности в шлаковом слое, указанный эффект постоянно «работает», когда металл покрыт слоем жидкого шлака. Дополнительным условием, кроме градиента окисленности шлака, является перемешивание металла и шлака, существенно ускоряющее этот процесс.

«Эффект накачки» также позволяет объяснить низкую концентрацию азота в стали, выплавленной из железорудных окатышей (таблица 5). При работе ДСП с «жидким» стартом на шихте из железорудного сырья с непрерывной подачей его в печь [15] расплавленный металл находится в контакте с жидким шлаком минимум 50—60 мин (в 2,5—3 раза больше, чем при использовании лома), что и приводит к увеличению времени, в течение которого работает «эффект накачки», и соответствующему снижению содержания азота. Кроме того, непрерывный ввод окатышей в ванну ДСП обеспечивает постоянное «подкипание» и перемешивание шлака, что, как было отмечено, усиливает этот эффект. Такое же усиление «эффекта накачки» перемешиванием достигается при использовании в шихте науглероживателей с повышенным содержанием летучих компонентов.

**Таблица 5 - Содержание азота в стали массового сортамента**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Процесс | Сталь | Содержание азота, % |
| 1 | 2 | 3 |
| Кислый мартеновский | Весь сортамент | 0,0010-0,0015 |
| Основной скрап — процесс | Среднеуглеродистая | 0,0030-0,0065 |
| Углеродистая | 0,0050-0,0090 |
| Основной скрап — рудный | Низкоуглеродистая | 0,0020-0,0035 |
| Углеродистая | 0,0030-0,0050 |
| Конвертерный | Низкоуглеродистая кипящая | 0,0025-0,0035 |
| Конвертерный | Низкоуглеродистая спокойная | 0,0025—0,0040 |
| Низколегированная | 0,0050-0,0070 |
| Электросталеплавильный с полным циклом периодов плавки | Рядовой сортамент | 0,0050-0,0100 |
| То же, кислый | Среднеуглеродистая | 0,0050—0,0090 |
| Выплавка полупродукта в сверхмощной ДСП | Рядовой сортамент | 0,0080-0,0120 |
| То же при плавке на окатышах | Рядовой сортамент | < 0,004 |

Общая концентрация азота в металле определяется балансом двух противоположных процессов — поступления азота в металл (особенно в области дуг) и удаления его из расплава. Составляющими расходной части являются процессы удаления азота при реализации «эффекта накачки» и некотором его выносе пузырьками СО или инертного газа. Однако влияние второго фактора, по-видимому, больше связано с его перемешивающим действием.

Поступление азота в металл из шихтовых материалов может временно нарушать установившийся баланс азота, который затем сравнительно быстро восстанавливается, поддерживая концентрацию азота на прежнем уровне. Поэтому одним из основных путей получения стали с низким содержанием азота авторы настоящей статьи считают такую организацию технологического процесса выплавки или внепечной деазотации, при которой наилучшим образом обеспечены условия реализации «эффекта накачки».

Таким образом, результаты статистического анализа производственных данных в целом согласуются с указанными предположениями о механизме удаления азота [11].

Целью экспериментов, проведенных в ДСП-2 на ММЗ, было снижение концентрации азота в стали 70 на выпуске и стабилизация этого показателя с помощью мероприятий, направленных на интенсификацию «эффекта накачки». Для этого были использованы следующие технологические приемы:

1) обдув поверхности шлака кислородом с интенсивностью, не допускающей оголения металла, для поддержания высокого уровня окисленности поверхности раздела газовая фаза—шлак;

2) подача известняка в печь вместо извести на заключительном этапе выплавки стали для стабилизации горения дуг и обеспечения подвижности шлака;

3) перемешивание металла и шлака в печи аргоном через донные дутьевые устройства;

4) исключение подачи в печь углеродистых материалов после проплавления последней подвалки.

Все мероприятия проводили одновременно.

Эксперименты показали, что использование указанных технологических приемов позволяет снизить и стабилизировать содержание азота в металле, выплавляемом в сверхмощной ДСП, на уровне 0,006% [11].

Выплавляемая в сверхмощных ДСП сталь характеризуется более высоким средним содержанием азота (примерно на 0,002—0,003%), чем металл, выплавленный в дуговых печах, работающих по классической технологии. Более низкая концентрация азота при работе на окатышах достигается в результате большей продолжительности пребывания металла под слоем жидкоподвижного шлака. Наиболее существенным фактором, влияющим на уровень и стабильность содержания азота в металле, является режим подачи углеродсодержащих материалов по ходу плавки, особенно на заключительном этапе. Опробованные технологические приемы позволили снизить концентрацию азота в стали на выпуске из печи в среднем на 0,0021% и получить более стабильное его содержание в металле. Выдержка металла под шлаком без подачи углеродсодержащих материалов в печь сопровождается монотонным снижением концентрации азота в стали.

В результате анализа технологии выплавки стали были сделаны следующие выводы: повышенное содержание массовой доли азота в металле перед выпуском его из печи (до 0,009%) объясняется следующими факторами:

- азот вносится с металлической шихтой до 0,006%;

- повышенное содержание азота в коксе и коксике (до 10,8%);

- неудовлетворительное проведение технологического процесса в части наведения пенистого шлака, в результате чего электрическая дуга открыта и вследствие контакта дуги с воздухом создаются благоприятные условия для насыщения расплава азотом. В момент продувки металла открытой струей кислорода без вспенивания шлака коксиком, окружающий воздух эжектируется, и тем самым создаются благоприятные условия для насыщения металла азотом из воздуха;

- так как жидкий период плавки скоротечен, то во время кипа азот, содержащийся в металле практически не удаляется.

Увеличение содержания массовой доли азота в металле во время выпуска на 0,0013% происходит по следующим причинам:

- внесение азота в металл присаживаемыми в стальковш на выпуске ферросплавами и коксиком;

- вследствие контакта струи металла с воздухом.

При внепечной обработке металла на установке ковш-печь содержание массовой доли азота увеличивается на 0,0027% по следующим причинам:

- в результате подсоса воздуха в рабочее пространство над стальковшом с металлом, создаются благоприятные условия для проникновения азота из воздуха в металл;

- после реконструкции газохода на установке ковш-печь, эффективность которого улучшилась;

- длительная выдержка металла в стальковше, и как следствие этого, длительность нагрева его на установке ковш-печь.

Увеличение содержания массовой доли азота в металле при обработке его на установки доводки стали (УДС) на анализируемых плавках происходит на 0,002% вследствие его продувки азотом через погружную фурму.

Вследствие контакта струи металла из стальковша и промковша с воздухом содержание азота в металле во время его разливки увеличивается на 0,0015%.

Содержание азота в темплетах, отобранных от заготовок, и в готовом сорте на анализируемых плавках при анализе средних значений колеблется от 0,0125% до 0,0126%.

**Выводы**

С целью снижения насыщения металлом азота необходимо:

1) во время плавки шлак поддерживать во вспененном состоянии присадками кокса и небольших порций известняка. Расход извести при этом может быть не менее 40 кг/т, при работе на известняке - не менее 50 кг/т;

2) при обработке металла на установке ковш-печь с целью исключить подсосы воздуха под крышку в зоне дуг необходимо поддерживать под крышку в зоне дуг положительное давление, т.е. управлять отсосом газов так, чтобы из-под крышки и вокруг электродных отверстий всегда выходил несильный дым. Для обеспечения более плотного прилегания крышки установки ковш-печь к стальковшу с целью создания инертной атмосферы необходимо, чтобы обечайка стальковша была очищена от шлака и металла;

3) при обработке металла на установке доводки стали на марках сталей, контролируемых по азоту, продувки металла производить с аргоном через донные пробки стальковша. Продувку азотом сверху через погружную фурму производить только в момент отдачи ферросплавов и извести;

4) сократить до минимума продолжительность нахождения стали в стальковше на отстое (не более 20-30мин);

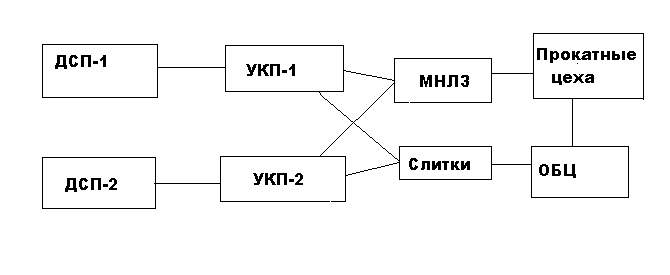
5) сократить время обработки и нагрева металла на установке ковш-печь до 40-45 мин;

6) разливку стали производить на минимально короткой и устойчивой струе металла между сталеразливочным и промежуточным ковшом.

# 3 Содержание азота в стали, выплавленной в ЭСПЦ ОАО «Уральская Сталь»

## 3.1 Технологическая схема производства

На рисунке 7 представлена существующая схема производственных потоков в ЭСПЦ ОАО «Уральская Сталь».



**Рисунок 7–Схема производственных потоков**

В ЭСПЦ в ОАО "Уральская Сталь" для выплавки стали используют две дуговые сталеплавильные печи ДСП 120. Проектная мощность составляет 2 млн.т. в год.

Внепечную обработку жидкого полупродукта в ЭСПЦ осуществляют на двух установках ковш – печь (УКП).

В ЭСПЦ ОАО "Уральская Сталь "выплавляют три группы марок сталей: примерно по 40% конструкционных низколегированных и углеродистых, а также около 20% легированных. Общее количество марок достигает 90.

Разливку стали производят на одноручьевой слябовой МНЛЗ, четырехручьевой блюмовой МНЛЗ и в изложницы. Весь металл, выплавляемый в цехе, подвергают внепечной обработке, включающей в себя: ввод в ковш твердой шлакообразующей смеси, продувку металла в ковше инертным газом через донную пробку. Разливку стали на МНЛЗ производят с защитой струи металла от вторичного окисления.

На рисунке 9 представлено изменение массовой доли азота в металле в процессе производства [17].



**Рисунок 9- Изменение массовой доли азота в процессе производства**

Средний прирост массовой доли азота в металле составил:

- во время выпуска металла из ДСП – 0,002%;

- во время обработки металла на УКП – 0%;

- во время разливки стали – 0,002%.

## 3.2 Анализ существующей технологии производства

При выплавке стали в ЭСПЦ ОАО «Уральская Сталь» основными составляющими металлошихты являются привозной и оборотный металлолом, а также чугун.

Шихтовку плавок производят по двум вариантам:

1) 100% твердой шихты (массовая доля металлолома 76% и массовая доля чушкового чугуна 24%);

2) массовая доля твердой шихты 60% и массовая доля жидкого чугуна 40%.

Плавку шихтуют из расчета получения в металле после расплавления значений массовых долей химических элементов не выше заданных в марке стали.

Часть шлакообразующих материалов вводится вместе с металлоломом в загрузочную бадью, остальное количество – в печь по ходу плавки порциями от 150 до 250 кг.

После завалки производят включение печи и сразу включают эркерную и стеновые комбинированные фурмы-горелки. Конструкция системы загрузки жидкого чугуна в печь обеспечивает загрузку чугуна со скоростью от 7 до 8 т/мин. После заливки чугуна начинается продувка ванны кислородом через стеновые комбинированные фурмы-горелки. Для работы фурм-горелок в режиме «продувка» используется технический кислород (объемная доля кислорода – не менее 99,5%).

После отработки 20-25 МВтч электроэнергии отбирается проба металла для определения массовых долей углерода, марганца, фосфора, серы, хрома, никеля и меди, шлака для определения массовых долей СаО, SiО2, FeO, MnO, MgO и измерение температуры металла.

Часть шлакообразующих материалов вводится вместе с металлоломом в загрузочную бадью, остальное количество – в печь по ходу плавки порциями от 150 до 250 кг.

После завалки производят включение печи и сразу включают эркерную и стеновые комбинированные фурмы-горелки. Конструкция системы загрузки жидкого чугуна в печь обеспечивает загрузку чугуна со скоростью от 7 до 8 т/мин. После заливки чугуна начинается продувка ванны кислородом через стеновые комбинированные фурмы-горелки. Для работы фурм-горелок в режиме «продувка» используется технический кислород (объемная доля кислорода – не менее 99,5%)

Выпуск плавки производится через эркер. На выпуске в ковш вводятся: марганец-, кремний-, хром-, никель-, медь-, ниобий-, ванадий- и молибденсодержащие ферросплавы и шлакообразующие материалы (от 500 до

800 кг извести и от 50 до 150 кг материала для разжижения шлака – плавиковый шпат, глиноземсодержащий материал) [18].

С целью определения технологических параметров выплавки стали с массовой долей азота не более 0,008%, был проведен анализ действующей технологии производства стали в ДСП №2 ЭСПЦ ОАО «Уральская Сталь»[19]. Для анализа технологических параметров выплавки стали в ДСП №2 взяты плавки, выплавленные в апреле 2008г.

Одним из наиболее значимых факторов является чистота, применяемого для окисления примесей металлошихты, кислорода. Продувка металла кислородом в ДСП №2, с целью интенсификации процессов расплавления лома и окисления примесей шихты, производится с очень большой интенсивностью. Так, максимальная интенсивность продувки в ДСП №2 составляет 12000 м3/ч. При такой интенсивности продувки металла кислородом (близко к интенсивности продувки в кислородных конверторах) определяющее значение, для содержания азота в стали, имеет чистота кислорода. Поэтому кислородные конверторы и все современные высокопроизводительные ДСП работают с использованием более чистого технического кислорода (О2 не менее 99,5%). Согласно литературных данных [10], из опыта работы кислородных конверторов, даже незначительное снижение чистоты кислорода (при большой интенсивности продувки) заметно влияет на содержание азота в стали. В требованиях к кислороду применяемому в ДСП №2 указан технический кислород. Однако, из-за отсутствия возможности обеспечения ДСП №2 техническим кислородом, для продувки используется технологический кислород (О2 не менее 95,0%). Зависимость содержания азота в металле после выпуска из ДСП №2 от расхода вдуваемого кислорода представлена на рисунке 10.



**Рисунок 10 – Влияние расхода вдуваемого кислорода на содержание азота в металле после выпуска**

Видно, что с увеличением расхода кислорода происходит увеличение массовой доли азота в металле. Причинами повышенного расхода кислорода могут быть следующие: длительный простой печи и, как следствие, повышенная продолжительность плавки, увеличение массы твердой металлошихты или попадание более тяжеловесного лома, что приводит также к более длительному расплавлению лома и нагреву металла. Из рисунков 11 и 12 видно, что с увеличением массы металлошихты (включая жидкий чугун) происходит увеличение расхода кислорода и содержания азота в металле.

Однако, увеличение содержания азота в металле, при увеличении массы металлошихты, связано не только с повышением расхода кислорода, но и с увеличением массы жидкого металла в печи после расплавления. При этом происходит уменьшение толщины слоя шлака в печи и повышается риск азотации металла, особенно в районе электрических дуг [12].



**Рисунок 11 – Влияние общей массы металлошихты на расход кислорода выплавке стали в ДСП №2**



**Рисунок 12 – Влияние общей массы металлошихты на содержание азота в металле после выпуска**

Однако, увеличение содержания азота в металле, при увеличении массы металлошихты, связано не только с повышением расхода кислорода, но и с увеличением массы жидкого металла в печи после расплавления. При этом происходит уменьшение толщины слоя шлака в печи и повышается риск азотации металла, особенно в районе электрических дуг [12].

Кроме этого, некоторые плавки на которых получено завышенное содержание азота в металле после выпуска из ДСП №2 выплавлялись друг за другом, что может быть следствием кратковременного (1-3 часа) снижения чистоты технологического кислорода.

Другим важным фактором влияющим на содержание азота в металле является компонентный состав металлошихты и расход чугуна. Расход чугуна на плавку в апреле существенно не изменился. На рисунках 13 и 14 показана зависимость содержания азота в металле после выпуска из ДСП от массы лома типа (3А + ШЭ) и лома типа (ЛПЦ + ШЭЛ).



**Рисунок 13 – Влияние доли лома типа (3А+ШЭ) на содержание азота в стали**



**Рисунок 14 - Влияние доли лома типа (ЛПЦ+ШЭЛ) на содержание азота в стали**

Видно, что с увеличением в металлошихте массы лома типа (3А + ШЭ) происходит снижение массовой доли азота в металле, а увеличение массы лома типа (ЛПЦ + ШЭЛ), напротив, приводит к увеличению массовой доли азота в металле. Вероятно, это связано с тем, что при использовании более «легкой» металлошихты (3А + ШЭ) происходит более быстрое проплавление «колодцев», более быстрое расплавление металлошихты и образование жидкой ванны и покровного шлака. Ускоренное расплавление и раннее шлакообразование снижает вероятность насыщения стали азотом. Поэтому при выплавке стали с массовой долей азота не более 0,008% рекомендуется снижать долю лома ШЭЛ и обрези ЛПЦ.

Следующий фактор – это расход углеродсодержащих материалов в ДСП №2 для вспенивания шлака. До февраля 2008 года и частично в феврале для вдувания через инжектора использовали углеродсодержащий материал (УСМ) который закупали у стороннего поставщика. В феврале 2008 года начали использовать и применяют до настоящего момента пыль с установки сухого тушения кокса (пыль УСТК). На рисунках 15 и 16 представлена зависимость содержания азота в металле после выпуска из ДСП №2 от расхода углеродсодержащего материала, вдуваемого через инжектора и углеродсодержащего материала (коксовая мелочь), отдаваемого в печь сверху через свод.



**Рисунок 15 – Влияние расхода УСМ для вдувания на плавку в ДСП №2 на содержание азота**

Видно, что с увеличением расхода данных материалов происходит рост содержания азота в стали. Увеличение содержания азота при увеличении расхода данных материалов, может быть вызвано двумя причинами: наличием азота в этих материалах и (или) избыточным их расходом (резким снижением окисленности шлака и повышению растворимости азота). Однако, в любом случае, необходимо обеспечить четкое соблюдение технологии выплавки (не допускать перерасхода углеродсодержащих материалов).



**Рисунок 16 – Влияние расхода кокса, загружаемого через свод ДСП №2 на содержание азота**

По сравнению с началом года произошло увеличение количества плавок с получением завышенного содержания азота в стали (таблица 6). Это вызвано несколькими причинами. Основная причина, это увеличение в сортаменте ЭСПЦ доли плавок с регламентированной массовой долей азота не более 0,010% с 2,10% в январе 2008 года до 3,6 и 18,3% в марте и апреле 2008 года, соответственно.

**Таблица 6 – Плавки с завышенным содержанием азота в маркировочной пробе**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Период | Всего плавок в ДСП №2, шт | в том числе с регламентированной массовой долей азота не более 0,010 % | | плавки с высокой массовой долей азота | |
| шт | % | шт | % |
| Январь 2008 | 713 | 15 | 2,1 | 9 | 1,3 |
| Февраль 2008 | 457 | 20 | 4,4 | 3 | 0,7 |
| Март 2008 | 723 | 26 | 3,6 | 28 | 3,9 |
| Апрель 2008 | 745 | 136 | 18,3 | 22 | 2,9 |

Для наведения шлака в процессе выплавки стали в ДСП №2 часть шлакообразующих материалов загружается в загрузочную бадью с металлошихтой, другая часть – отдается в печь по ходу плавки через свод [18]. В качестве шлакообразующих материалов загружаемых в бадью с металлоломом применяются известь и известняк с расходом от 2,0 до 5,0 т на плавку. В ДСП по ходу плавки (в зависимости от расхода шлакообразующих в завалку) загружается известь массой 1,0-4,0 т. Использование известняка в завалку с металлошихтой позволяет за более короткий срок образовать в печи защитный слой жидкоподвижного шлака, что благоприятно сказывается на процессе дефосфорации металла, защите от насыщения азотом и снижает потери тепла от зеркала металла. Поэтому по действующей технологии допускается в завалку вместо извести использовать известняк.

Для определения оптимального (с точки зрения продолжительности плавки, расхода электроэнергии, содержания азота и фосфора в стали) расхода шлакообразующих материалов в завалку с металлошихтой и в печь по ходу плавки был проведен анализ технологических параметров плавок выплавленных в ДСП №2 с различным расходом извести и известняка на плавку [20]. Результаты анализа приведены в таблице 7.

Оптимизация режима шлакообразования представляет наибольший интерес в части повышения стабильности получения заданного содержания азота. Как видно из таблицы 7, наиболее оптимальным вариантом технологии шлакообразования для получения стали с массовой долей азота не более 0,010 %, является следующий:

- в завалку – 2,0 т известняка;

- в ДСП (по ходу плавки) – 3,0-3,5 т извести.

На плавках выплавленных по данному варианту шлакообразования доля плавок с массовой долей азота не более 0,010 % составила:

- при использовании в завалке 2,0 т извести – 69 %;

- при использовании в завалке 2,0 т известняка – 78 %.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Расход в завалку, т | | Кол-во плавок, шт | Расход извести в ДСП, кг | Содержание, % | | Доля плавок с содержанием азота в маркир. пробе, % | |
| Известь | Известняк | N марк | N ков | 0,010 и менее | 0,011 и более |
| 0 | 0 | 23 | 3874 | 0,010 | 0,010 | 43 | 57 |
| 2 | 0 | 401 | 3035 | 0,009 | 0,008 | 78 | 22 |
| 3 | 0 | 461 | 2436 | 0,010 | 0,009 | 69 | 31 |
| 4 | 0 | 39 | 1290 | 0,010 | н.д. | 67 | 33 |
| 5 | 0 | 190 | 937 | 0,010 | 0,009 | 64 | 36 |
| 0 | 0 | 23 | 3874 | 0,010 | 0,010 | 43 | 57 |
| 0 | 2 | 54 | 3211 | 0,009 | 0,009 | 69 | 31 |
| 0 | 3 | 63 | 2599 | 0,010 | 0,009 | 60 | 40 |
| 0 | 5 | 14 | 1067 | 0,010 | н.д. | 71 | 29 |

Рассмотрим другую, не менее важную проблему – прирост содержания азота в стали по ходу разливки на МНЛЗ №1 и МНЛЗ №2. Основной причиной получения плавок с завышенным содержанием азота при использовании технического кислорода является прирост содержания азота при разливке на МНЛЗ из-за неудовлетворительной защиты металла от контакта с воздухом. Несмотря на то, что имеющаяся на МНЛЗ система защиты разливаемой стали должна обеспечивать прирост содержания азота не более 0,001%, на практике получен прирост содержания азота от 0 до 0,004%.

Наличие такого значительного прироста содержания азота на МНЛЗ зачастую приводит к получению беззаказной продукции. Для выявления факторов влияющих на величину прироста содержания азота во время разливки и выработки конкретных рекомендаций по снижению прироста азота в период 20.10-05.11.2008 была проведена под контролем ЦЛК разливка трех серий плавок [21].

На подконтрольных плавках производили дополнительный отбор проб металла из сталеразливочного ковша во время доводки металла на УКП и из промежуточного ковша во время разливки металла на МНЛЗ, а также производили контроль основных технологических параметров производства стали в ЭСПЦ.

При разливке стали на МНЛЗ-2 расход аргона на защитную трубу установили равным 4-5 м3/ч, также контролировали состояние поверхности металла в промежуточном ковше (накрытие металла ТИС без появления «красных» пятен). При отсутствии расходомера аргона на защитную трубу на МНЛЗ-1 расход аргона устанавливали визуально, до появления бурления металла в промежуточном ковше. Прирост содержания азота на МНЛЗ определяли как разницу между содержанием азота в последней пробе на УКП и маркировочной пробе металла. В таблицах 8-10 представлены данные о содержании в металле азота на проведенных плавках, а также величина прироста содержания азота в стали по ходу разливки.

**Таблица 8 – Содержание азота в стали марки К60 по ходу производства стали в ЭСПЦ (МНЛЗ-2)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер плавки | Плавка в  серии | Содержание азота в металле, % | | | |
| [N]  первая ковшевая проба | [N]  последняя ковшевая проба | [N] маркировочная проба | Прирост азота на МНЛЗ |
| Z86677 | 1 |  | 0,006 | 0,006 | 0 |
| Z86678 | 2 | 0,006 | 0,007 | 0,007 | 0 |
| Z86679 | 3 | 0,007 | 0,007 | 0,009 | 0,002 |
| Z86680 | 4 | 0,006 | 0,006 | 0,008 | 0,002 |
| Z86681 | 5 | 0,006 | 0,006 | 0,008 | 0,002 |

**Таблица 9 – Содержание азота в стали марки 12Г2СБ по ходу производства стали в ЭСПЦ (МНЛЗ-2)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер плавки | Плавка в серии | Содержание азота в металле, % | | |
| [N] последняя ковшевая проба | [N] маркировочная  проба | Прирост азота на МНЛЗ |
| Z86767 | 1 | 0,006 | 0,006 | 0 |
| Z86768 | 2 | 0,006 | 0,006 | 0 |
| Z86769 | 3 | 0,007 | 0,008 | 0,001 |
| Z86766 | 4 | 0,008 | 0,009 | 0,001 |
| Z86770 | 5 | 0,006 | 0,007 | 0,001 |
| Z86771 | 6 | 0,006 | 0,008 | 0,002 |

**Таблица 10 – Содержание азота в стали марки 5сп по ходу производства стали в ЭСПЦ (МНЛЗ-2)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер плавки | Плавка в серии | Содержание азота в металле, % | | |
| [N] последняя ковшевая проба | [N] маркировочная  проба | Прирост азота на МНЛЗ |
| V82296 | 1 | 0,014 | 0,014 | 0 |
| V82297 | 2 | 0,011 | 0,011 | 0 |
| V82298 | 3 | 0,010 | 0,012 | 0,002 |
| V82299 | 4 | 0,008 | 0,012 | 0,004 |

Из представленных данных видно, что основной прирост азота на плавках наблюдается при разливке металла на МНЛЗ и составляет от 0 до 0,004%. При обработке стали на УКП прирост содержания азота не превышает 0,001%. Следует отметить, что на первых двух плавках трех опытных серий прироста содержания азота в металле не происходит, на последующих плавках наблюдается прирост содержания азота от 0,001% до 0,004%. Отсутствие прироста содержания азота на первых двух плавках обусловлено тем, что место соединения защитной трубы и стакана-коллектора чистое (без брызг и остатков металла) и их соединение полностью герметично.

Было установлено, что при разливке плавок с приростом содержания азота наблюдается бурление металла в промежуточном ковше, что свидетельствует о затягивании аргона, а с ним и воздуха, в защитную трубу. Это происходит из-за негерметичного крепления защитной трубы к стакану-коллектору стальковша. После окончания разливки металла из сталеразливочного ковша производят снятие трубы и ее очистку кислородом от остатков металла. Неполная очистка трубы от остатков подмерзшего металла и (или) попадание брызг металла на «юбку» защитной трубы при обработке кислородом, приводит к невозможности установки защитной трубы на стакан-коллектор без образования зазоров. Это приводит к нарушению герметичности стыка трубы со стаканом-коллектором, затягиванию в защитную трубу аргона и воздуха и как следствие – повышение содержания азота в стали.

Для снижения разбрызгивания металла при очистке защитной трубы кислородом рекомендуется сначала очистку производить с минимальным расходом кислорода.

## 3.2 Предлагаемая технология

### 3.2.1 Общие требования к марке 08ГБФ-У

Чтобы наглядно показать все выше изложенные аспекты, рассмотрим производство марки 08ГБФ-У класса прочности К60 по ТУ 14-1-5521-2005г «прокат толстолистовой для электросварных труб класса прочности К52-К60 диаметром 530-1220 мм повышенной эксплуатационной надежности» с учетом выше изложенных выводов и рекомендаций.

Марка 08ГБФ-У–выбрана как наиболее перспективная и конкурентоспособная, требующая наиболее жестких условий внепечной обработки металла и использования дорогих ферросплавов. Химический состав указан в таблице 11 [22].

**Таблица 11 - Химический состав марки 08ГБФ-У**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание, % | | | | | | | | | | | | |
| С | Si | Mn | V | Nb | Al | Ti | Не более | | | | | |
| Cu | Cr | Ni | S | P | N |
| 0,08  0,10 | 0,16  0,35 | 1,0  1,1 | 0,05  0,06 | 0,02  0,08 | 0,02  0,05 | 0,01  0,035 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,002 | 0,012 | 0,009 |
| Примечания  1 Сталь для листов должна быть раскислена алюминием с учетом его остаточной массовой доли в готовом прокате 0,02-0,05%, дополнительно модифицирована титаном и кальцием, массовая доля которых должна быть 0,01-0,035% и 0,001-0,005% соответственно.  2 В стали допускается остаточная массовая доля хрома, никеля и меди не более 0,3% каждого, при этом их суммарная массовая доля не должна превышать 0,6%. | | | | | | | | | | | | |

Химический состав используемых ферросплавов приведен в таблице 12.

**Таблица 12−Химический состав ферросплавов**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ферросплавы | Содержание, % | | | | | | |
| C | Si | Mn | P | S | Al | др. |
| ФМн0,5 | 0,5 | 2,0 | 85 | 0,30 | 0,03 | - | - |
| ФМн2,0 | 2,0 | 2,0 | 75 | 0,35 | 0,03 | - | - |
| СМн17 | 1,7 | 17 | 65 | 0,1 | - | - | - |
| ФС65 | - | 65 | - | 0,032 | - | - | - |
| ФВд35C | 1 | 3,5 | - | 0,2 | 0,1 | - | V 35 |
| ФН4 | 0,5 | 25 | - | 0,5 | 0,1 | 8 | Nb 35 |
| ФТи30А | 0,25 | 5 | - | 0,04 | 0,04 | 8 | Ti 30 |
| СК25 | 1,0 | 70 | - | 0,02 | 0,05 | 1,5 | Ca 25 |

В таблице 13 приведены значение усвоений элементов-раскислителей. Усвоение элементов, вводимыми кусковыми материалами и проволоками приняты равными реально существующим в условиях ОАО "Уральская Сталь" [23].

###### Таблица 13−Усвоение элементов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Элемент | Усвоение, % | |
| Кусковые материалы | Порошковая проволока |
| Mn | 90 | 100 |
| Si | 85 | 100 |
| Al | - | 50 |
| Ti | 35 | 90 |
| V | 85 | 100 |
| Nb | 70 | 100 |
| Ca | - | 22 |

### 3.2.2 Технологическая схема производства стали

Для производства стали марки 08ГБФУ применим схему “ плавка в дуговой печи – внепечная обработка – непрерывная разливка “. Эта схема является наиболее оптимальной и высокопроизводительной, по сравнению с мартеновской и разливкой в изложницы.

Сталь марки 08ГБФУ выплавляется в электропечи с окислением, скачиванием шлака и раскислением металла во время выпуска в сталеразливочном ковше [18]. Вместе с раскислителями в ковш отдается навеска легирующих ферросплавов и шлакообразующих. После окончания выпуска, на установке «ковш-печь» металл подвергается продувке аргоном через донную пробку в течение не менее четырех [24], для усреднения металла по температуре и химическому составу по всему объему ковша. После окончания продувки производится отбор проб и замер температуры. Далее производится доводка металла до марочного состава, десульфурация и подогрев металла. После обработки на установке “ковш – печь” плавка подается на машину непрерывного литья заготовок с заданным химическим составом и температурой.

## 3.2.3 Выплавка стали в электропечи

Шихтовка печи производится ломом марки 3А и жидким чугуном, состав которых представлен в таблице 14.

**Таблица 14 – Химический состав металлошихты**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Материал | Содержание, % | | | | | | | | |
| С | Si | Mn | Cr | Ni | Cu | P | S | Fe |
| 3А | 0,25 | 0,30 | 0,50 | 0,15 | 0,10 | 0,10 | 0,040 | 0,030 | 98.8 |
| Жидкий  чугун | 4,0 | 1,0 | 0,8 | - | - | - | 0,05 | 0,02 | 94.1 |

В процессе выплавки в печи кремний окисляется на 100%, марганец на 50%, фосфор на 90%, сера на 50% [23].

В таблице 15 представлен элементарный состав шихты.

**Таблица 15 – Элементарный состав шихты**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Материал | | Содержание элементов | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | P | S | Cr | Ni | Cu | Fe | всего |
| 3А | % | 0,25 | 0,30 | 0,50 | 0,04 | 0,03 | 0,15 | 0,10 | 0,10 | 98,8 | 100 |
| кг | 162 | 195 | 325 | 26 | 19,5 | 97,5 | 65 | 65 | 64220 | 65000 |
| Жидкий чугун | % | 4,0 | 1,0 | 0,8 | 0,05 | 0,02 | - | - | - | 94,1 | 100 |
| кг | 2200 | 550 | 440 | 27,2 | 11 | - | - | - | 51755 | 55000 |
| Состав  шихты | % | 0,83 | 0,62 | 0,44 | 0,04 | 0,03 | 0,08 | 0,05 | 0,05 | 96,6 | 100 |
| кг | 1002 | 745 | 765 | 53,2 | 30,5 | 97,5 | 65 | 65 | 115975 | 120000 |

Химический состав стали после расплавления указан в таблице 16.

**Таблица 16 –Химический состав стали после расплавления**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Материал | | Содержание элементов | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | P | S | Cr | Ni | Cu | Fe | всего |
| Масса стали после расплавления | кг | 1002 | 745 | 765 | 53,2 | 30,5 | 97,5 | 65 | 65 | 115975 | 120000 |
| Угар | кг | - | 223,5 | 137,7 | 13,3 | 1,52 | 4,48 | 1,95 | 1,95 | 3479,25 | 3864,05 |
| Состав стали после расплавления | % | 0,83 | 0,45 | 0,54 | 0,034 | 0,025 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 96,8 | 100 |
| кг | 1002 | 521,5 | 627,3 | 39,9 | 28,98 | 92,62 | 63 | 63 | 112495,75 | 116,135,95 |

Для получения заданного химического анализа производим продувку металла кислородом. В процессе выплавки для вспенивания шлака производим вдувание кокса в количестве 850 кг на плавку. Шлак удаляется из печи самотеком. Принимаем, что после отбора пробы, содержание углерода в металле составляет 0,05%.

Окисление элементов происходит по следующим реакциям:

;

;

;

;

;

;

;

;



.

В таблице 17 приведен состав стали в конце окислительного периода.

**Таблица 17- Состав стали в конце окислительного периода**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Баланс | | Содержание, % | | | | | | | | | |
| С | Si | Mn | P | S | Cr | Ni | Cu | Fe | всего |
| Окисляется | % | 94 | 100 | 70 | 90 | 50 | 30 | 10 | 10 | 2 | 6 |
| кг | 941,88 | 521,5 | 439,11 | 35,91 | 14,49 | 27,79 | 6,3 | 6,3 | 2249,9 | 4243,18 |
| Остается в металле | % | 6 | 0 | 30 | 100 | 50 | 70 | 90 | 90 | 98 | 94 |
| кг | 60,12 | 0 | 188,19 | 3,99 | 14,49 | 64,83 | 56,7 | 56,7 | 112245,85 | 112630,75 |
| Состав металла | % | 0,049 | 0 | 0,17 | 0,005 | 0,018 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 99,51 | 100 |

По данным таблицы 17, определяем массу окислов, переходящих из металла в шлак во время плавления и окислительного периода:

 кг; 

кг.

85% железа окисляется до , и улетучивается в виде пыли, а 15% окисляется до  и переходит в шлак:

кг;

кг;

кг;

 кг.

Расход футеровки составляет 1-2 кг на тонну стали.

В таблице 18 показан состав шлака в конце окислительного периода.

**Таблица 18 – Состав шлака в конце окислительного периода**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Источник оксидов | | Содержание, % | | | | | | | | |
| CaO | MgO | SiO2 | Al2O3 | FeO | MnO | P2O5 | Cr2O3 | итого |
| Металл.кг | | - | - | 1117,5 | 119 | 433,74 | 566,85 | 164,49 | 81,23 | 2482,81 |
| Известь.кг | | 4600 | 165 | 125 | 46 | - | - | 4,6 | - | 4940,6 |
| Футеровка.кг | | - | 173,8 | - | - | - | - | - | - | 157,5 |
| Всего | кг | 4600 | 338,8 | 1242,5 | 165 | 433,74 | 566,85 | 169,09 | 81,23 | 7423,41 |
|  | % | 42,9 | 5,5 | 19,7 | 3,2 | 9,8 | 10,5 | 2,2 | 1,1 | 100 |

Основность шлака составляет CaO/SiO2=42,9/19,7=2,1. Такая основность и высокая окисленность шлака препятствуют насыщению металла азотом.

Расход кислорода на окисление примесей составит:

Сшихты : 941,88∙32/12=2511,68 кг;

Скокса : 850∙32/12=2266,67 кг;

Si: 521,5∙32/28=596 кг;

Mn: 439,11∙16/55=127,74 кг;

S: 14,49∙32/32=14,49 кг;

P: 35,91∙32/124=9,27 кг;

Fe: 2249,9∙32/136=529,39 кг.

Общий расход кислорода составит 6055,24 кг.

Состав технического кислорода 99,5% кислорода и 0,5% азота. Расход технического кислорода составит 6055,24∙0,95=5752,48 кг.

В таблице 19 представлен материальный баланс плавки.

**Таблица 19 – Материальный баланс плавки**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Задано | | Получено | |
| Наименование | кг | Наименование | кг |
| Лом 3А  Жидкий чугун  Известь  Футеровка | 65000  55000  5000  158 | Металл  Шлак  Пыль  Газы | 112630  7423  3864  77420 |
| Технический кислород | 5752 |
| Кокс | 850 |
| Итого | 129861 | Итого | 129438 |

Рассчитаем количество легирующих, раскислителей для отдачи в ковш на выпуске по формуле:

Х = ((Е гот − Е ост) ∙ Т ∙ 1000) / В∙ С , (9)

где Х - требуемое количество ферросплавов, кг;

Е гот - содержание элемента в готовой стали, %;

Е ост.- остаточное содержание элемента в металле перед раскислением, %;

Т – масса плавки, тонн;

В – содержание элемента в ферросплаве, %;

С – коэффициент усвоения элемента, вводимого в металл, %.

Рассчитаем необходимое количество кремния:

FeSi = (0,14∙113∙1000)/0,65∙67=385 кг.

Рассчитаем необходимое количество марганца металлического:

Mn(мет)=((1,0-0,17)∙113∙1000)/0,90∙85=1300 кг.

Рассчитаем необходимое количество феррованадия:

FeV=((0,05∙113∙1000)/0,85∙53=130 кг.

Рассчитаем необходимое количество никеля листового:

Niлист.=((0,20-0,07) 113∙1000)/0,95∙100=165 кг.

Общая масса ферросплавов:

кг.

Масса металла после выпуска составит:

112630+1980=114610 кг.

Выпуск плавки осуществляется в сталь ковш при температуре футеровки не менее 900 ◦С, оборудованный донной пробкой, очищенный от скрапа и шлака. В процессе выпуска в ковш присаживаются шлакообразующие – известь и плавиковый шпат. Навеску ферросплавов вводить в ковш после выпуска 50-70 т. металла. Температура металла на выпуске 1610-1640 ◦С.

### 3.2.4 Внепечная обработка

После выпуска плавки и отданной навески ферросплавов производят усреднительную продувку металла на УКП аргоном в течение 4 минут, после чего производят отбор пробы металла и шлака. Принимаемый химический состав стали перед обработкой, приведен в таблице 20.

**Таблица 20 - Химический состав стали перед обработкой**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание, % | | | | | | | | | | | | |
| С | Si | Mn | V | Nb | Al | Ti | Cu | Cr | Ni | S | P | N |
| 0,049 | 0,14 | 0,7 | 0,05 | - | 0,005 | - | 0,11 | 0,06 | 0,20 | 0,008 | 0,003 | 0,007 |

Обработка стали на УКП представлена в таблице 21 [26].

**Таблица 21 - Обработка на УКП**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметры | Требования | Обработка на УКП |
| Толщина слоя шлака | Не более 50мм. | Ввод в ковш последовательно плавикового шпата и не менее 1200кг извести.  После получения жидкоподвижного шлака ввод алюминиевой проволоки ( на 0,040% алюминия), карбида кремния и (или) карбида кальция. Раскисление производить до получения белого шлака.  После раскисление произвести доводку металла по химическому составу на нижнемарочное значение.  Через 5 мин. после ввода последней порции ферросплавов отобрать пробу металла и по результатам хим.анализа произвести окончательную корректировку химического состава.  В конце обработки произвести замер окисленности, ввести алюминиевую и силикокальцевую проволоку |
| Свободный борт | Не менее 400мм. |
| Химический состав стали после выпуска | Не должен превышать нижнемарочный предел. Содержание углерода должно быть меньше нижнемарочного предела не менее чем на 0,02% |
| Шлакообразующие материалы | Известь с массовой долей СаО не менее 85%.  Шпат с массовой долей CaF2 не менее 70% |
| Готовая сталь | Химический состав стали и величина углеродного эквивалента должны соответствовать требованиям НТД. |

Согласно таблице 21 в первой порции навески отдаем в ковш последовательно плавиковый шпат в количестве 500 кг, известь в количестве 1200 кг, карбид кальция в количестве 100 кг, алюминиевую проволоку с расчетом содержания массовой доли 0,040%.

Расчет необходимого количества алюминиевой проволоки для предварительного раскисления:

Alпров.=((0,040-0,005)×115×1000/0,50×100=77 кг.

Во второй порции ферросплавов рассчитаем необходимое количество феррокремния, силикомарганца:

FeSi=((0,20-0,14)∙115∙1000)/67∙0,75=130 кг;

%(Si)=(67∙0,75∙130)/115∙1000=0,06%.

Рассчитаем необходимое количество силикомарганца с учетом получения марганца в стали на нижнемарочное значение:

Mn=((1,0-0,7)∙115∙1000)/72∙0,90=509 кг.

Силикомарганец будем вводить в металл в два приема, первая порция будет составлять 350кг, что внесет массовую долю марганца и кремния в количестве:

%(Mn)=(72∙0,90∙350)/115∙1000=0,21%;

%(Si)=(17∙75∙350)/115∙1000=0,04%.

Во второй порции присадки в ковш необходимо ввести для дополнительного раскисления шлака известь в количестве 400 кг, плавиковый шпат в количестве 100 кг, карбид кальция в количестве 20-30 кг.

Через пять минут после отдачи второй порции навески ферросплавов и раскислителей необходимо отобрать вторую пробу металла. Химический состав металла с учетом всех введеных ферросплавов приведен в таблице 22.

**Таблица 22 - Химический состав стали**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание, % | | | | | | | | | | | | |
| С | Si | Mn | V | Nb | Al | Ti | Cu | Cr | Ni | S | P | N |
| 0,08 | 0,24 | 0,91 | 0,05 | - | 0,023 | - | 0,11 | 0,06 | 0,23 | 0,005 | 0,006 | 0,007 |

Для доводки до заданного химического анализа необходимо ввести силикомарганец, ниобий, алюминий, титан. Титан, а также проволока с силикокальциевым наполнителем будет применяться в качестве модификатора стали. Алюминий будет отдан после получения пробы химического состава стали и шлака, а также по результатам измерения замера окисленности металла и температуры стали.

Легирование ниобием будем производить путем ввода ниобийсодержащей проволоки.

Рассчитаем необходимое количество силикомарганца:

m(SiMn)=((1,0-0,91)∙115∙100)/72∙0,90=153 кг.

В результате ввода 150 кг силикокальция кремния будет внесено:

%(Si)=(17∙0,75∙150)/115∙1000=0,017%.

Рассчитаем необходимую навеску ниобий содержащей проволоки:

m пров = ( 0,02∙115∙1000) / 50∙0,84 = 53 кг.

Рассчитаем необходимую навеску титана:

m(Ti)=(0,011∙115∙1000)/0,32∙40=95 кг.

После отдачи последней порции ферросплавов отбирают пробу металла и шлака. В таблицах 23 и 24 представлен химический анализ полученного металла и шлака соответственно.

**Таблица 23 - Химический состав стали после обработки**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание, % | | | | | | | | | | | | |
| С | Si | Mn | V | Nb | Al | Ti | Не более | | | | | |
| Cu | Cr | Ni | S | P | N |
| 0,08 | 0,26 | 1,1 | 0,05 | 0,02 | 0,023 | 0,01 | 0,11 | 0,06 | 0,23 | 0,005 | 0,007 | 0,007 |

**Таблица 24 - Состав шлака после обработки**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Содержание, % | | | |
| СаО | SiO2 | FeO | MnO |
| 52,6 | 23,5 | 0,61 | <2,0 |

Завершение обработки в сталеразливочном ковше представлено в таблице 25.

**Таблица 25 - Завершение обработки стали марки 08ГБФ-У**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1) Перед окончательной корректировкой массовой доли алюминия в стали произвести замер активности кислорода в стали. | | | |
| 2) Замер активности кислорода производить при отключенной продувке металла аргоном. После проведения замера возобновить продувку металла. | | | |
| 3) Температура металла за 10-15 мин до конца обработки (перед вводом алюминия) должна быть на 10-15 ˚С выше заданной температуры разливки стали. | | | |
| 4) По результатам измерения активности кислорода и температуры стали произвести ввод алюминиевой проволоки. | | | |
| 5) Расчет массы, вводимой алюминиевой проволоки, для стали с массовой долей алюминия в Маркировочной пробе не менее 0,020%, производить на 0,010% выше нижнемарочного значения, с учетом остаточного содержания алюминия в стали и степени усвоения алюминия в зависимости от активности кислорода:  m(Alпров)=((0,04-0,023) ×110×1000)/ 0,50×100=40 кг | | | |
| Активность кислорода | до 5 ppm | 5-10 ppm | более 10 ppm |
| Усвоение алюминия | 70% | 65% | 60% |
| 6) Продолжительность продувки металла от момента ввода алюминиевой проволоки до ввода силикокальциевой проволоки должна составлять 3-5 минут. | | | |
| 7) Количество вводимой в металл силикокальциевой проволоки при содержании алюминия более 0,020% соответствует количеству в размере 150 м. | | | |
| 8) После ввода силикокальциевой проволоки произвести "промывочную" продувку металла аргоном в течение 2-12 мин без оголения поверхности металла (рекомендуемая продолжительность продувки – 5-7 мин). | | | |
| 9) Нагрев металла во время и после ввода силикокальциевой проволоки не производить. | | | |
| 10) Произвести отдачу 300-500 кг извести на шлак, накрыть ковш крышкой и передать на разливку. | | | |

Используя установку ковш-печь, получили сталь марки К60(08ГБФУ).

### 

### 3.2.5 Разливка

Разливку производим на слябовой МНЛЗ, сечение кристаллизатора 190×1200мм. Из сталеразливочного ковша в промежуточный металл подается через огнеупорную трубу, верх которой стыкуется с шиберным затвором сталеразливочного ковша, а низ погружен в металл в промежуточном ковше. С целью предотвращения подсоса воздуха в трубу подают аргон. В промежуточном ковше металл изолируют от атмосферы, засыпая на его поверхность защитную шлакообразующую смесь. Изоляцию струи подаваемого в кристаллизатор металла обеспечиваем с помощью погружных стаканов [27].

**Выводы**

Для обеспечения массовой доли азота в стали 0,008% и менее, необходимо:

1) производить продувку металла техническим кислородом с расходом не более 5500 м3/плавку;

2) общая масса металлошихты не должна превышать 125-128 т;

3) ограничить массу лома типа ШЭЛ и обрези ЛПЦ до уровня не более 10 т, за счет увеличения массы лома типа (3А и ШЭ);

4) расход жидкого чугуна на плавку должен составлять 55-65 т;

5) в завалку вводить 2 т известняка;

6) расход углеродсодержащего материала для вспенивания шлака должен составлять:

- для вдувания через инжектора – не более 1200 кг;

- для присадки сверху (через свод) – не более 400 кг.

7) температура металла перед выпуском должна составлять 1610-1640 ˚С;

8) качественная установка защитной трубы, подача аргона и очистка посадочного места трубы от настылей, брызг металла перед ее установкой. При невозможности полной очистки места стыка проводить замену защитной трубы;

9) накрытие поверхности металла теплоизоляционной смесью без появления «горячих» пятен на поверхности металла.

# 4 Организация и экономика производства

## 4.1 Структура управления электросталеплавильного цеха

Под структурой управления понимается совокупность элементов, обеспечивающих их функционирование и развитие. Элементами структуры являются службы, отдельные работники, а отношения между ними поддерживаются благодаря связям, которые принято подразделять на горизонтальные и вертикальные.

Горизонтальные связи носят характер согласования и являются, как правило одноуровневыми. Вертикальные связи – это связи подчинения, и необходимость в них возникает при иерархичности управления, т.е. при наличии нескольких уровней подчиненности.

Линейные связи отражают движение управленческих решений и информации между так называемыми линейными руководителями.

Основу линейно-функциональных структур составляет так называемый «шахтный» принцип построения и специализация управленческого процесса по функциональным системам организации. В каждой подсистеме формируется иерархия служб, пронизывающая всю организацию сверху донизу. Результаты работы каждой службы аппарата управления оцениваются показателями, характеризующими выполнением своих целей и задач.

Многолетний опыт использования линейно-функциональных структур управления показал, что они наиболее эффективны там, где аппарат управления выполняет рутинные, часто повторяющиеся и редко меняющиеся задачи и функции. Их достоинства проявляются в управлении организациями с массовым и крупносерийным типом производства. Графически структура управления электросталеплавильного цеха представлена на рисунке 17.

Начальник цеха

Заместитель начальника цеха

по оборудованию

Заместитель начальника цеха по технологии

Заместитель начальника цеха по разливке

Механик цеха (1)

Электрик цеха (1)

Энергетик цеха (1)

Механик це-ха по рекон-струкции (1)

Начальник технического бюро (1)

Мастер по ремонту оборудования (6)

Мастер по ремонту оборудования (5)

Мастер по ремонту оборудования (3)

Инженер конструктор (1)

Инженер по ремонту (1)

Инженер 2-й категории (1)

Завхоз

Начальник смены (4)

Шихтовый двор

Старший мастер (1)

Печной участок

Старший мастер (1)

УВОС

Старший мастер (1)

Разливка стали

Старший мастер (1)

Непрерывное литье заготовок

Мастер (1)

Пролет ТЗО

Мастер (1)

Огнеупорные работы

Мастер (1)

157

69

68

21

Мастер (5)

Мастер (4)

Мастер (4)

Мастер (4)

Секретарь-машинистка

(1)

ПЭБ

Экономист по планированию (3)

Инженер по ОТ иТБ

(1)

55

40

40

69

43

15

38

**Рисунок 17 - Структура управления электросталеплавильного цеха**

## 4.2 Режим работы цеха и баланс рабочего времени

При непрерывном производстве работа осуществляется четырьмя сменными бригадами по 12 часов. Баланс рабочего времени одного рабочего приведен в таблице 26.

**Таблица 26 - Баланс рабочего времени одного рабочего**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Элементы баланса | Режим работы | |
| Непрерывный четырехбригадный график | Пятидневная рабочая неделя |
| Календарное время, дн. | 365 | 365 |
| Выходные дни | 91 | 104 |
| Праздничные дни | - | 10 |
| Номинальное время, дн. | 274 | 251 |
| Невыходы, дн. |  |  |
| отпуск | 24 | 20 |
| выполнение государственных обязанностей | 2 | 2 |
| по болезни | 4 | 3 |
| Всего невыходов, дн. | 30 | 25 |
| Фактическое время, дн. | 244 | 226 |
| Коэффициент списочности | 1,123 | 1,111 |
| Количество невыходов по отношению к фактическому времени, % |  |  |
| очередной отпуск и выполнениее  государственных обязанностей | 10,66 | 9,73 |
| по болезни | 1,64 | 1,33 |

## 4.3 Штатное расписание

В дипломном проекте списочная численность рабочих остаётся неизменной. Доля заработной платы производственных рабочих цеха в общем фонде оплаты труда составляет 60%.

Численность инженерно-технического персонала также как производственных рабочих остается неизменной и соответствует штату электросталеплавильного цеха ОАО «Уральская Сталь».

Штатное расписание и численность рабочих цеха приведено в таблице 27.

**Таблица 27 – Штатное расписание ЭСПЦ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Профессия | Разряд | По бригадам | | | | Резерв | Всего |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Участок 1.Общецеховой персонал | | | | | | | |
| Водитель автомобиля | 4 | 1 |  |  |  |  | 1 |
| Грузчик – экспедитор | 4 | 1 |  |  |  |  | 1 |
| Исполнитель художественного оформления | 4 | 1 |  |  |  |  | 1 |
| Кладовщик | 3 | 1 |  |  |  |  | 1 |
| Оператор пульта управления | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 |  | 4 |
| Рабочий производственных бань | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |  | 8 |
| Слесарь – сантехник | 4 | 1 |  |  |  |  | 1 |
| Уборщик производственных помещений | 2 | 1 |  |  |  |  | 1 |
| Уборщик служебных помещений | 1 | 5 |  |  |  |  | 5 |
| Итого по участку – 24 | | | | | | | |
| Участок 10. Шихтовый двор | | | | | | | |
| Подучасток 2. Подготовка ферросплавов | | | | | | | |
| Бригадир шихтового двора | 5 | 2 | 2 | 1 | 1 |  | 6 |
| Дробильщик | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 |  | 4 |
| Машинист крана | 3 | 1 |  |  |  |  | 1 |
| Машинист крана | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 |  | 4 |
| Машинист мельниц | 4 | 1 | 1 | 1 |  |  | 3 |
| Машинист мельниц | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| Приёмщик сырья, полуфабрикатов | 2 | 1 |  |  |  |  | 1 |
| Сушильщик | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |  | 4 |
| Шихтовщик | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 |  | 4 |
| Слесарь – ремонтник | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 |  | 4 |
| Подучасток 5. Скрапоразделочный | | | | | | | |
| Бригадир шихтового двора | 5 |  | 2 | 2 |  |  | 4 |
| Газорезчик | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |  | 4 |
| Машинист крана | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |  | 16 |
| Слесарь – ремонтник | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 |  | 4 |
| Приёмщик сырья | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |  | 4 |
| Резчик холодного металла | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 |  | 8 |
| Шихтовщик | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 |  | 8 |
| Итого по участку – 110 | | | | | | | |
| Участок 11. Печной | | | | | | | |
| Варщик жидкого стекла | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 |  | 4 |
| Машинист завалочной машины | 6 | 2 | 2 | 2 | 2 |  | 6 |
| Машинист крана | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 9 |
| Подручный сталевара (первый) | 6 | 2 | 2 | 2 | 2 |  | 8 |
| Подручный сталевара (второй) | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 |  | 12 |
| Подручный сталевара (третий) | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 |  | 15 |
| Пультовщик электросталеплавильной печи | 3 |  |  | 2 | 2 | 1 | 9 |
| Сталевар электросталеплавильной печи | 7 | 2 | 2 | 2 | 2 |  | 8 |
| Итого по участку – 72 | | | | | | | |
| Участок 12. Внепечная обработка стали | | | | | | | |
| Подручный сталевара (первый) | 5 | 2 | 3 | 2 | 2 |  | 9 |
| Подручный сталевара (первый) | 6 | 3 | 2 | 2 | 2 |  | 9 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Подручный сталевара (второй) | 5 | 2 | 3 | 2 | 2 |  | 9 |
| Сталевар | 6 | 2 | 2 | 2 | 2 |  | 8 |
| Сталевар | 7 | 2 | 2 | 2 | 2 |  | 8 |
| Итого по участку – 52 | | | | | | | |
| Участок 14. МНЛЗ | | | | | | | |
| Машинист крана | 5 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 6 |
| Машинист крана | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| Наборщик стопоров | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| Оператор МНЛЗ | 6 | 4 | 4 | 4 | 4 |  | 16 |
| Оператор МНЛЗ | 5 | 2 | 2 | 3 | 2 |  | 9 |
| Оператор МНЛЗ | 4 | 2 | 3 | 2 | 2 |  | 9 |
| Оператор систем гидравлики и охлаждения | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 |  | 8 |
| Оператор систем гидравлики и охлаждения | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 |  | 8 |
| Итого по участку – 72 | | | | | | | |
| Участок 15. Пролет термической обработки и зачистки заготовок | | | | | | | |
| Бригадир по перемещению продукции | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Клеймовщик горячего металла | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 |  | 4 |
| Машинист крана | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 |  | 12 |
| Обработчик поверхности металла | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 13 |
| Сортировщик-сдатчик металла | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 |  | 12 |
| Слесарь-ремонтник | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |  | 4 |
| Итого по участку – 57 | | | | | | | |
| Участок 16. Шлакопереработка и шлакоуборка | | | | | | | |
| Машинист крана | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 |  | 4 |
| Шлаковщик | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 |  | 8 |
| Машинист крана | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 |  | 4 |
| Итого по участку – 16 | | | | | | | |
| Участок 18. Огнеупорные работы | | | | | | | |
| Огнеупорщик | 6 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 10 |
| Огнеупорщик | 6 |  | 3 |  |  |  | 3 |
| Огнеупорщик | 5 |  | 5 |  |  |  | 5 |
| Итого по участку – 38 | | | | | | | |
| Итого по цеху – 639 | | | | | | | |

Численность рабочих в ЭСПЦ составляет 639 человек

## 4.4 Экономика производства

### 4.4.1 Расчет годового производства цеха

В электросталеплавильном цехе (ЭСПЦ) ОАО «Уральская Сталь» производят сталь широкого марочного сортамента в двух дуговых электропечах 120 т.

Основной предпосылкой разработки настоящего проекта является улучшение качества производимой стали.

Улучшение технико-экономических показателей работы цеха будут достигнуты за счёт увеличение выхода годного металла.

Производственная мощность электродуговых печей определяется по формуле [28]:

Ргод = Руд∙Тф , (10)

где Руд – удельная производительность печи, т/ч;

Тф – фактическое время работы, ч.

Номинальное время работы печи определяется вычитанием из календарного времени простоев на холодные и горячие ремонты. Работа МНЛЗ синхронизируется с работой обеих ДСП:

ТН = ТК – ∑ТХ.Р. , (11)

где ТК = 365 ∙ 24 = 8760 ч – календарное время.

Длительность холодного ремонта ∑ТХ.Р. = 328 ч.

Холодные ремонты проводят на печи раз в два года.

Тогда среднегодовые простои на ремонтах составляют 0,5⋅328 = 164 ч.

Следовательно, номинальное время работы равно:

ТН баз = 8760 – 164 = 8596 ч.

Горячие простои в электросталеплавильных печах составляют 6-8% от номинального времени работы:

ТФ = Тн – (1 – 0,08). (12)

Тогда фактическое время работы составит:

Тф = 8596∙(1-0,08) = 7908,32 ч.

Удельная производительность определяется по формуле:

, (13)

где Q – масса садки (завалка), т;

T – принятая единица времени, час;

tпл – длительность плавки, час;

К1 – коэффициент выхода годного.

Удельная производительность одной электропечи в базовый период составит:

Рбаз(уд)=((120∙60)/50)∙0,96=138.24 т/час.

Годовая производительность одной печи в базовый период:

Рбаз(год)=138.24∙7908,32=1093246.157 т/год.

Годовая производительность цеха в базовый период:

Рбаз(год)= 1093246.157 ∙2 = 2186429.31 т/год.

### 4.4.2 Расчет дополнительных капитальных затрат

В проекте предусматриваются мероприятия по повышению качества металлопродукции и технико-экономических показателей работы цеха.

Реализация мероприятий не связана с дополнительными капитальными затратами. Капитальные вложения на осуществление проекта не рассчитываются, затраты на оборудование и технологию, на их приобретение или на разработку не предусматриваются.

### 4.4.3 Расчёт производительности труда

Определяется производительность труда на одного рабочего базового периода.

Производительность труда базового периода:

ПТ(б) = Р(б)/Ч(с), (14)

где ПТ(б) – производительность труда базового периода, т/чел.;

Р(б) – годовая производительность цеха в базовый период, т/год;

Ч(с) – численная списочность рабочих, чел.;

ПТ(б) = 2186493,31 / 639 = 3421,74 т/чел.

### 4.4.4 Качество продукции и выход годного

Выход годного во многом зависит от качества производимой продукции. Повышение качества продукции равнозначно увеличению ее объема и повышению производительности агрегатов. При этом снижается расходный коэффициент, который оказывает положительное влияние на себестоимость продукции [23].

При повышении выхода годного на m процентов уменьшается расход материалов (полуфабрикатов) на производство единицы продукции. Необходимо рассчитать расходный коэффициент при повышении выхода годного.

В таблице 28 представлена базовая калькуляция на производство марки 08ГБФ-У, выплавляемой в ЭСПЦ ОАО «Уральская Сталь» [29].

**Таблица 28 – Базовая калькуляция себестоимости 1 т электростали марки 08ГБФ-У**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Статьи затрат | Цена,  руб/т | Количество,  т/т | Сумма,  руб |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 Сырье и основные материалы, т |  |  |  |
| 1.1 Чугун передельный жидкий | 4743 | 0,389 | 1845.02 |
| 1.2 Лом стальной и отходы стали | 4778 | 0,870 | 4156,86 |
| 1.3 Ферросплавы и другие легирующие,  раскислители |  |  |  |
| 1.3.1 Марганец металлический | 36996 | 0,0069 | 255,27 |
| 1.3.2 Ферросилиций 65% | 17366 | 0,0044 | 76,41 |
| 1.3.3 Силикокальциевая проволока | 44300 | 0,00041 | 18,163 |
| 1.3.4 Феррованадий 80% | 381776 | 0,0011 | 419,95 |
| 1.3.5 Ниобийсодержащая проволока | 120005 | 0,0005 | 60,00 |
| 1.3.6 Ферротитан 35% | 40126 | 0,00086 | 34,51 |
| 1.3.7 Алюминиевая проволока | 63121 | 0,00113 | 71,33 |
| 1.3.8 Силикомарганец | 40240 | 0,0046 | 185,104 |
| 1.3.9 Ферроникель листовой | 381016 | 0,0014 | 533,42 |
| 1.3.10 Карбид кальция | 24342 | 0,0012 | 29,21 |
| Итого сырья и основных материалов |  | 1.161 | 7685.254 |
| 2 Отходы и брак, т |  |  |  |
| 2.1 Скрап | 1525 | 0,025 | 32,7875 |
| 2.2 Обрезь технологическая МНЛЗ | 4422 | 0,042 | 185,724 |
| 2.3 Окалина | 255 | 0,012 | 3,06 |
| 2.4 Угар | - | 0,05 | - |
| 2.5 Брак | 4778 | 0,032 | 152,896 |
| Итого отходов и брака |  | 0,161 | 379,805 |
| Задано за вычетом отходов и брака |  | 1,000 | 7305.449 |
| 3 Добавочные материалы |  |  |  |
| 3.1 Известь | 800 | 0,0257 | 20,56 |
| 3.2 Коксовая мелочь | 3823,23 | 0,0045 | 17,205 |
| 3.3 ТШС - 4 | 3841,91 | 0,0130 | 49,94 |
| Итого добавочных материалов |  | 0,0432 | 87,705 |
| Итого с учетом добавочных материалов |  | 1,0432 | 7393,154 |
| 4 Расходы по переделу |  |  |  |
| 4.1 Топливо |  |  |  |
| 4.1.1 Топливо технологическое условное | 1168,09 | 0,036 | 42,05 |
| 4.1.2 Газ природный, тыс.м3 | 1379,81 | 0,031 | 42,77 |
| 4.1.3 Электроды (печи), т | 69903,72 | 0,0057 | 398,45 |
| 4.1.4 Электроды (УКП), т | 60860,8 | 0,0009 | 54,77 |
| 4.2 Энергозатраты |  |  |  |
| 4.2.1 Электроэнергия, кВт ∙ ч | 2753,27 | 0,052 | 143,17 |
| 4.2.2 Эл.энергия для плавки, кВт ∙ ч | 760,08 | 0,348 | 264,51 |
| 4.2.3 Пар, ГДж | 239,14 | 0,046 | 11,0 |
| 4.2.4 Вода оборотная, тыс.м3 | 543,27 | 0,092 | 49,98 |
| 4.2.5 Вода химическая очищенная | 7,97 | 0,064 | 0,51 |
| 4.2.6 Сжатый воздух, тыс.м3 | 103,71 | 0,222 | 23,02 |
| 4.2.7 Аргон, м3 | 53,66 | 1,101 | 59,08 |
| 4.2.8 Азот, м3 | 1089,73 | 0,003 | 3,269 |
| 4.2.9 Кислород технический, м3/т | 1340 | 0,033 | 44,22 |
| технологический, м3/т | 836,44 | 0,011 | 9,2 |
| Итого топлива и энергозатрат |  | 2,0456 | 1145,999 |
| 4.3 Фонд оплаты труда |  |  | 124,48 |
| 4.4 Социальное страхование |  |  | 39,43 |
| 4.5 Содержание основных фондов |  |  | 1073,30 |
| 4.6 Сменное оборудование |  |  | 27,46 |
| 4.7 Ремонтный фонд |  |  | 194,53 |
| 4.8 Амортизация |  |  | 165,83 |
| 4.9 Внутризаводские передвижения |  |  | 72,08 |
| 4.10 Прочие расходы |  |  | 67,47 |
| Итого расходы по переделу |  |  | 2910,579 |
| Производственная себестоимость |  |  | 11459,732 |

Повышая качество стали, уменьшаем количество брака на 45%.

Индекс роста составит:

Мб/Мпл=1,161/1,144=1,01.

Индекс роста повышает удельную производительность во столько же раз:

Руд(пр)=138,4 ∙ 1,01=139,62 т/час.

Объем планового производства продукции составит:

Рпл(год) =2186429,31∙1,01=2208319,277 т/год.

Производительность труда планового периода:

ПТ(пл) = 2208319,277/ 639 = 3455,89 т/чел.

### 4.4.5 Расчет плановой калькуляции себестоимости продукции

Издержки производства рассчитываются по статьям с учетом факторов, влияющих на их изменение.

Расходы по переделу (РПП) на условную тонну продукции определяются на основе базовых калькуляций себестоимости.

Увеличение объема производимой продукции уменьшает удельную величину условно-постоянных расходов расходов в расходах по переделу.

В проектной калькуляции себестоимости продукции статьи с условно-постоянными расходами определяются по формуле:

Сi(пл) = CiБ∙dус-пер + СiБ∙dус-пост / γ, (15)

где СiБ –затраты i-той статьи расходов по переделу базовой калькуляции, руб/т;

dус-пер-доля условно-переменной части в i-той статье, доли единиц;

dус-пост – доля условно-постоянной части в i-той статье, доли единиц;

γ-коэффициент роста объема производства.

Расчет условно-постоянных и условно-переменных расходов.

1) Топливо технологическое условное:

Спр.= 42,05∙0,60+(42,05∙0,40)/1,01=41,88 руб/т.

2) Энергетические затраты:

а) пар:

Спр.= 11,0∙0,60+(11,0∙0,40)/1,01=10,956 руб/т;

б) вода оборотная:

Спр.= 49,98/1,01=49,485 руб/т;

в) вода химически очищенная:

Спр.= 0,51/1,01=0,50 руб/т;

г) сжатый воздух:

Спр = 23,02 ∙ 1 = 23,02 руб/т;

д) затраты на природный газ:

Спр.= 42,77/1,01 = 42,35 руб/т.

3) Фонд оплаты труда:

Спр.= 124,48∙0,40+(124,48∙0,60)/1,01=123,74 руб/т.

4) Ремонтный фонд:

Спр.= 194,53∙0,35+(194,53∙0,65)/1,01=193,28 руб/т.

5) Содержание основных фондов:

Спр.= 1073,30∙0,35+(1073,30∙0,65)/1,01= 1066,39 руб/т.

6) Сменное оборудование:

Спр.= 27,46∙0,35+(27,46∙0,65)/1,01= 27,31 руб/т.

7) Социальное страхование:

Спр.= 39,43∙0,55+(39,43∙0,45)/1,01= 39,25 руб/т.

8) Прочие расходы:

Спр.= 67,47∙0,20+(67,47∙0,80)/1,01= 66,94 руб/т.

Результаты расчетов представлены в таблице 29.

**Таблица 29 - Проектная калькуляция себестоимости марки 08ГБФ-У**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Статьи затрат | Цена,  руб/т | Количество,  т/т | Сумма,  руб |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 Сырье и основные материалы, т |  |  |  |
| 1.1 Чугун передельный жидкий | 4743 | 0,372 | 1764,39 |
| 1.2 Лом стальной и отходы стали | 4778 | 0,870 | 4156,86 |
| 1.3 Ферросплавы и другие легирующие,  раскислители |  |  |  |
| 1.3.1 Марганец металлический | 36996 | 0,0069 | 255,27 |
| 1.3.2 Ферросилиций 65% | 17366 | 0,0044 | 76,41 |
| 1.3.4 Силикокальциевая проволока | 44300 | 0,00041 | 18,163 |
| 1.3.5 Феррованадий 80% | 381776 | 0,0011 | 419,95 |
| 1.3.7 Ниобийсодержащая проволока | 120005 | 0,0005 | 60,00 |
| 1.3.8 Ферротитан 35% | 40126 | 0,00086 | 34,51 |
| 1.3.10 Алюминиевая проволока | 63121 | 0,00113 | 71,33 |
| 1.3.11 Силикомарганец | 40240 | 0,0046 | 185,104 |
| 1.3.13 Ферроникель листовой | 381016 | 0,0014 | 533,42 |
| 1.3.14 Карбид кальция | 24342 | 0,0012 | 29,21 |
| Итого сырья и основных материалов |  | 1,144 | 7604,630 |
| 2 Отходы и брак , т |  |  |  |
| 2.1 Скрап | 1525 | 0,025 | 32,7875 |
| 2.2 Обрезь технологич. МНЛЗ | 4422 | 0,042 | 185,724 |
| 2.3 Окалина | 255 | 0,012 | 3,06 |
| 2.4 Угар | - | 0,05 | - |
| 2.5 Брак | 4778 | 0,015 | 71,67 |
| Итого отходов и брака |  | 0,144 | 293,242 |
| Задано за вычетом отходов и брака |  | 1,000 | 7311,388 |
| 3 Добавочные материалы |  |  |  |
| 3.1 Известь | 800 | 0,0257 | 20,56 |
| 3.2 Коксовая мелочь | 3823,23 | 0,0045 | 17,205 |
| 3.3 ТШС - 4 | 3841,91 | 0,0130 | 49,94 |
| Итого добавочных материалов |  | 0,0432 | 87,705 |
| Итого с учетом добавочных материалов |  | 1,0432 | 7399,093 |
| 4 Расходы по переделу |  |  |  |
| 4.1 Топливо |  |  |  |
| 4.1.1 Топливо технологическое условное | 1168,09 | 0,0359 | 41,88 |
| 4.1.2 Газ природный, тыс.м3 | 1379,81 | 0,0307 | 42,35 |
| 4.1.3 Электроды (печи), т | 69903,72 | 0,0057 | 398,45 |
| 4.1.4 Электроды (УКП), т | 60860,8 | 0,0009 | 54,77 |
| 4.2 Энергозатраты |  |  |  |
| 4.2.1 Электроэнергия, кВт ∙ ч | 2753,27 | 0,052 | 143,17 |
| 4.2.2 Эл.энергия для плавки, кВт ∙ ч | 760,08 | 0,348 | 264,51 |
| 4.2.3 Пар, ГДж | 239,14 | 0,0458 | 10,956 |
| 4.2.4 Вода оборотная, тыс.м3 | 543,27 | 0,091 | 49,49 |
| 4.2.5 Вода химическая очищенная | 7,97 | 0,063 | 0,50 |
| 4.2.6 Сжатый воздух, тыс.м3 | 103,71 | 0,222 | 23,02 |
| 4.2.7 Аргон, м3 | 53,66 | 1,101 | 59,08 |
| 4.2.8 Азот, м3 | 1089,73 | 0,003 | 3,269 |
| 4.2.9 Кислород технический, м3/т | 1340 | 0,033 | 44,22 |
| технологический, м3/т | 836,44 | 0,011 | 9,2 |
| Итого топлива и энергозатрат |  | 2,0456 | 1144,865 |
| 4.3 Фонд оплаты труда |  |  | 123,74 |
| 4.4 Социальное страхование |  |  | 39,25 |
| 4.5 Содержание основных фондов |  |  | 1066,39 |
| 4.6 Сменное оборудование |  |  | 27,31 |
| 4.7 Ремонтный фонд |  |  | 193,28 |
| 4.8 Амортизация |  |  | 165,83 |
| 4.9 Внутризаводские передвижения |  |  | 72,08 |
| 4.10 Прочие расходы |  |  | 66,94 |
| Итого расходы по переделу |  |  | 2898,035 |
| Производственная себестоимость |  |  | 11441,993 |

Таким образом абсолютное изменение себестоимости составляет 17,739 руб/т.

Относительное изменение себестоимости определяется по формуле:

; (16)

.

Себестоимость уменьшилась на 0,15%.

### 4.4.6 Расчет прибыли от реализации продукции

Прибыль от реализации продукции рассчитывается по следующей формуле:

П = Σ(Цi - Сi)∙Pi, (17)

где Цi - оптовая цена продукции, руб.;

Сi - себестоимость продукции, руб./т;

Рi - производительность, т.

При рентабельности производства 20%, цена стали составит:

Ц = Спр ∙ R; (18)

Цбаз = 11459,732 ∙ 1,20 = 13751,678 руб/т.

Рассчитаем прибыль от реализации продукции:

Ппр=(13751,678-11441,993)∙2208319,227=5100523148 руб;

Пбаз=(13751,678-11459,732)∙2186492,31=5011322304 руб.

Чистая прибыль представляет собой прибыль от реализации продукции за вычетом налогов:

ЧП=ПР-Н, (19)

где ЧП – чистая прибыль, руб;

ПР –прибыль от реализации продукции, руб;

Н – налоги, руб.

В проекте учитывается налог на прибыль-20%.

Налог на прибыль составляет:

Н=0,20∙ПР. (20)

Н(баз)=0,20∙5011322304=1002264461 руб;

Н(пр)=0,20∙5100523148=1020104630 руб.

Чистая прибыль:

ЧП(пр)=5100523048−1020104630=4080418418 руб/год;

ЧП(баз)=5011322304 −1002264461 =4009057843 руб/год.

### 4.4.7 Экономическая эффективность проектных решений

В расчетах экономической эффективности принятых решений принимаем повышение рентабельности.

Рентабельность производства определяется по формуле:

R= ((Ц−Спл)/Спл)∙100% , (21)

где R – рентабельность, %;

Ц – цена одной тонны продукции, руб;

Спл – себестоимость плановая, руб/т.

R(пр)= ((13751,678−11441,993)/11441,993)∙100=20,18%

R(баз)= ((13751,678−11459,732)/11459,722)∙100=20%.

Т.к. в проекте предусматривается повышение качества продукции, годовой экономический эффект рассчитаем по формуле:

Эг=[(Цпл−Спл)−(Цб−Сб)]∙Рпл; (22)

Эг=[(13730,392-11441,993)−(13751,678-11459,732)]∙2208319,277=7833791,8 руб.

### 4.4.8 Определение объема безубыточного производства

Предел безубыточности характеризует неопределенность и риск в процессе реализации проектных решений. Он представляет собой количество продаж или производство продукции, при котором объем реализации (выручки) равен издержкам производства. Прибыль в этой точке равна нулю.

Точка безубыточности определяется по формуле:

, (23)

где Спос – общие постоянные расходы, руб;

Ц – продажная цена единицы продукции, руб/т;

Спер – удельные переменные затраты, руб/т.

Условно-постоянные затраты определяются на основе калькуляции себестоимости и доли условно-постоянных затрат. Величина этих затрат равна численно расходам по переделу. Из плановой калькуляции Спос.удел=2898,035руб/т. Общая величина Спос зависит от производительности агрегата и равна:

Спос = Спос.уд · Рпл; (24)

Спост(пр) = 2898,035 · 2208319,227=6399 млн.руб;

Спост(б) = 2910,579∙2186492,31 =6363 млн.руб.

Находим Спер:

Спер = Спл – Спос.уд; (25)

Спер(пр) =11441,993–2898,035= 8543,898 руб/т;

Спер(б) =11459,732–2910,579=8549,153 руб/т.

Точка безубыточности равна:

Рб(пр)=6399/(12751,678−8543,898)=1,223 млн т/год;

Рб(баз)=6363/(13751,678−8549,153)=1,228 млн т/год.

Выручка от реализации товарной продукции:

Выр. = Ц · Рпл; (26)

Выр(пр) =13751,678 · 2208319,227=30,367 млрд.руб;

Выр(баз)=13751,678 · 2186492,31=30,066 млрд.руб

Значения, необходимые для построения точки безубыточного объема продаж представлены в таблице 30.

**Таблица 30 – Сводные технико-экономические показатели**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатели | Базовые | Опытные |
| Годовой объем производства, т | 2186492 | 2208319 |
| Удельная производительность агрегата, т/ч | 138,24 | 139,62 |
| Численность работающих, чел. | 639 | 639 |
| Производительность труда на 1 работающего, т/чел. | 3421,74 | 3455,89 |
| Себестоимость одной тонны готовой продукции, руб./т | 11459,732 | 11441,993 |
| Безубыточный объем продаж, млн т/год | 1,228 | 1,223 |
| Прибыль от реализации, млн. руб./год | 5011,32 | 5100,52 |
| Рентабельность продукции, % | 20 | 20,18 |

Определение объема безубыточного производства графическим способом представлено на рисунке 18.



**Рисунок 18 - График безубыточного объема производства**

Вывод: в результате предпринятых мероприятий себестоимость одной тонны продукции уменьшилась на 17,7 рублей. Годовой объем производства увеличился на 21827 т.

# 5 Безопасность жизнедеятельности

### 5.1 Объемно-планировочные решения зданий и сооружений цеха, расположение цеха на генеральном плане

ОАО "Уральская Сталь" (ОХМК), в составе которого находится электросталеплавильный цех (ЭСПЦ), относится к первому классу предприятий (годовая производительность стали свыше 1млн.т) с размером санитарно-защитной зоны 2000 метров. Комбинат расположен с подветренной стороны по отношению к жилому массиву города Новотроицка.

В состав главного здания ЭСПЦ входят следующие отделения: шихтовое, загрузочное, печное, разливочное, пролет МНЛЗ, участок зачистки и участок транспортировки.

В помещении пульта управления дуговой сталеплавильной печи находится следующее, необходимое для управления процессом обработки стали на установке, оборудование: микропроцессорная установка (собственно микропроцессор, устройства связи с объектом), датчики расхода температуры и давления. Размеры поста управления: ширина – 4 м, длина – 7 м, высота – 3 м.

Общая площадь помещения пульта управления составляет 28 м2, оно находится на втором этаже над трансформаторным помещением на уровне верхней кромки сталеразливочного ковша. Основных работающих в помещении – трое, таким образом, на одного человека приходится 9,33 м2, что удовлетворяет требованиям по нормированию площади необходимой для одного человека в помещении для эксплуатации ПЭВМ, которая составляет 6 м2. Высота помещения составляет 3 м, полы двойные, как и потолки.

В помещении имеется только искусственное освещение, вентиляция приточно-вытяжная, для поддержания необходимых условий имеется система водяного отопления.

### 5.2 Идентификация потенциально опасных и вредных производственных факторов

При функционировании производственного процесса могут появляться потенциально опасные и вредные факторы, в результате воздействия которых возможно возникновение несчастных случаев, либо заболеваний [30].

Анализ условий труда имеет основное значение для разработки мероприятий, обеспечивающих защиту работающего от опасных и вредных производственных факторов.

В таблице 31 приведен анализ некоторых потенциально опасных и вредных физических производственных факторов в ЭСПЦ ОАО "Уральская Сталь" и пульте управления на ДСП в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74.

**Таблица 31–Анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Операция технологического  процесса | Агрегат, оборудование,  другие устройства | Опасные и вредные производственные факторы | Нормируемое значение параметра |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Наблюдение и управление технологи-  ческим процессом | Пульт управления ЭВМ | Повышенная запылённость воздуха рабочей зоны  (Спыли = 5,69 мг/м3) | ПДКпыли = 2 мг/м3 |
| Повышенная температура воздуха рабочей зоны  (tрз=270С) | Для категории работ Iа составляет: 22 –24 0С, 23 – 250С в холодный и теплый период года соответственно |
| Повышенный уровень инфрокрасного излучения  (ρ=180 Вт/м2) | Для пульта управления: не защищенная площадь человеческого тела  S=5 – 8 % и соответственно ρ=140 Вт/м2 |
| Недостаточная освещенность рабочей зоны (Ерз=300лк) | Категория зрительных работ Шв: Ерз=300лк |
|  | Дисплей  монитора ЭВМ | Повышенный уровень ионизирующего излучения в рабочей зоне | Предельно допустимая  доза ПДД=100 мкР/ч |
| Агрегаты и оборудование цеха | Повышенный уровень шума на рабочем месте (LА=95 – 105 дБ(А) | Помещения управления и наблюдения с речевой связью по телефону  (LА=65 дБ (А)) |

## 5.3 Санитарно-технические требования

### 5.3.1 Требования к микроклимату помещения

Работа на пульте управления выполняется сидя и стоя и сопровождается передвижениями относится к категории Iа, нормируемые параметры приведены в таблице 32.

**Таблица 32 – Нормируемые параметры ГОСТ 12.1.005-88**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Период года | Температура воздуха оптимальная, °С | Относительная влажность, % | Скорость движения воздуха, м/с, не более |
| Теплый | 23 – 25 | 40 – 60 | 0,2 |
| Холодный | 22 – 24 | 40 – 60 | 0,1 |

Фактические значения параметров воздушной среды для рабочей зоны оператора, в наиболее тяжёлый тёплый период года приведены в таблице 33.

**Таблица 33 – Значения параметров воздушной среды в рабочей зоне для тёплого и холодного периода года**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Температура, °С | Относительная влажность, % | Скорость движения воздуха, м/с |
| 25 – 30 | 60 | 0,2 |
| 21 – 25 | 50 | 0,1 |

Для обеспечения оптимальных параметров воздушной среды помещения используются следующие технические решения:

1) в холодный период года применяется отопление (паро-воздушное, совмещенное с приточной вентиляцией);

2) в теплый период года, а также для поддержания необходимой чистоты и влажности воздуха применяется приточная вентиляция и система кондиционирования.

Водопровод и канализация на пульте не предусмотрены. Питьевая точка и санузел расположены на рабочей площадке на расстоянии 50 метров от пульта. Питьевая установка снабжается чистой водой с температурой до 20 °С. Так как ЭСПЦ относится к горячим цехам в помещении питьевой точки установлен аппарат с газированной подсоленной водой.

### 5.3.2 Требования к освещению пульта управления

Работа за ПЭВМ относится к зрительным работам высокой точности (IIIв – разряд зрительных работ). Наименьший размер объекта различения 0,3 – 0,5мм. Для этого разряда предусматриваются следующие параметры искусственного освещения: комбинированное – 750 лк; общее – 300 лк.

В помещении применяется общее искусственное освещение. Для приведения освещённости к норме будут использованы лампы дневного света ЛД-30, имеющие следующие характеристики: мощность – 30 Вт, световой поток – 1640 лм, длина – 909мм.

Необходимое количество ламп рассчитывается по формуле:

 , (27)

где NЛ – необходимое количество ламп;

EН – нормированное значение освещённости (EН=400 лк);

S – площадь пульта управления (S=28 м2);

k – коэффициент запаса (k=2);

z – коэффициент минимальной освещённости (z=1,2);

ФЛ – световой поток, Лм;

n – количество ламп в одном светильнике (n=2);

 – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент использования светового потока определяется в зависимости от значений коэффициентов отражения светового потока между потолком и стенами, а также индекса помещения:

 , (28)

где i – индекс помещения;

A – ширина помещения, м;

В – длина помещения, м;

Н – высота помещения, м.

Вычислим индекс помещения:



По индексу помещения определяем коэффициент использования светового потока: η = 1,15. Тогда, по формуле (27) вычисляется необходимое количество светильников:

.

Таким образом, необходимое количество светильников составит 6 штук.

## 5.4 Разработка мер защиты от опасных и вредных факторов

Одной из основных составляющих мер защиты являются технические меры защиты, которые приведены в таблице 34.

Для предотвращения умственного перенапряжения, нервно-психической и эмоциональной перегрузок во время работы через каждые 1,5 часа делались короткие перерывы на 15 – 20 минут.

**Таблица 34 − Технические меры защиты от опасных и вредных факторов**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Опасный или вредный производственный фактор (по ГОСТ 12.0.003-74) | Проектируемое защитное устройство, его тип | Параметры защитного устройства,  эффективность | Место установки |
| Повышенная запыленность воздуха | Вытяжной зонт | Эффективность 95% | На фермах печного пролета над печью |
| Повышенный уровень инфракрасного излучения | Прозрачный теплозащитный экран | Закалённое стекло с плёночным покрытием | Окно между агрегатом и рабочим окном |
| Повышенная температура воздуха | Кондиционер | GREE KC-20/C1 | Пульт управления |
| Недостаточная освещённость рабочей зоны | Установка ламп  типа ЛД-30 | Мощность – 30 Вт, световой  поток – 1640лк,  длина – 909мм | На потолке пульта управления |
| Повышенный уровень ионизирующего излучения в рабочей зоне | Защитная сетка внутри экрана монитора |  | Экран монитора |
| Повышенный уровень шума на рабочем месте | Звукопоглощающая облицовка | Стекловолокно супертонкое;  ширина – 100мм | Облицовка на стенах и потолке помещения |

## 

## 5.5 Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях

В порядке подготовки к возникновению чрезвычайных ситуаций в соответствии с инструкцией, утвержденной Госгортехнадзором разработан план ликвидации аварий в ЭСПЦ. Этот документ предусматривает возможные аварии, а также мероприятия по спасению людей и ликвидации аварий. Он определяет действия ИТР и рабочих в аварийной обстановке, действия газоспасательного подразделения и пожарной части.

Помещение пульта управления ДСП относится к пожароопасным помещениям (категория В), так как к этой категории помещений относятся помещения, в которых есть твёрдые горючие или трудногорючие вещества и материалы, способные при взаимодействии с кислородом воздуха гореть; например бумага для распечатки на принтере или деревянные изделия.

Определение пожароопасной категории помещения осуществляется путём сравнения максимального значения удельной временной пожарной нагрузки на любом из участков с величиной удельной пожарной нагрузки.

Пожарная нагрузка помещения пульта управления ДСП определяется по формуле:

, (29)

где Gi – количество –ого материала пожарной нагрузки, кг;

–низшая теплота сгорания –ого материала пожарной нагрузки, МДж/кг.

Так как в помещении пульта управления находятся из горючих материалов бумага и деревянные изделия, можно сделать обобщение, что любой процесс горения будет происходить по реакции окисления углерода до СО2, тепловой эффект которой составляет: Qтепл=34,07 МДж/кг. Количество твёрдых горючих материалов, находящихся в помещении принимается равным Gтв=50 кг. Следовательно, пожарная нагрузка составит:

Q = 50·34,07 = 1703,5 МДж.

Удельная пожарная нагрузка q определяется по формуле:

 , (30)

где S – площадь размещения пожарной нагрузки (площадь пульта управления), м2.

Таким образом, удельная пожарная нагрузка равна:

 МДж/м2.

Помещение пульта управления можно отнести к категории В4, так как удельная пожарная нагрузка для этой категории помещений должна быть в интервале: (1–18) МДж/м2. Для тушения применяется огнетушитель типа ОУ-5.

С целью предупреждения пожаров и ограничения распространения огня в помещении пульта управления предусмотрено составление правил эксплуатации агрегатов и установка устройства пожарной сигнализации.

В комплекс противопожарных мероприятий входят предупреждение возникновения пожара, ограничение распространения огня при возникновении пожара, создание условий для успешной эвакуации людей из горящего здания в течение необходимого времени и обеспечение условий для быстрой локализации и тушения пожаров. На пульту управления электропечи предусмотрен аварийный выход в шлаковый пролет.

Объем воды на пожаротушение производственного здания составляет 15 л/с. Запас воды на тушение пожара в течение трех часов составляет 145 м3.

В соответствии со строительными нормами и правилами в ЭСПЦ предусмотрены внутренние пожарные водопроводы. Различные системы пожарной сигнализации предназначены для обнаружения первоначальных стадий пожара и сообщение о месте его возникновения в цехе.

При оценке потенциальной взрывоопасности металлургического производства следует учитывать ряд его специфических особенностей: использование большого количества газообразного, жидкого и твердого дисперсного топлива, широкое распространение высокотемпературных технологических процессов, наличие значительного количества расплавленного металла, образование взрывоопасных газов в ходе металлургических процессов.

Специфическим для металлургического производства источником для возникновения взрывов является взаимодействие расплавленного металла или шлака с водой, возникающее при аварийных выходах расплавов из металлургических агрегатов или при попадании в них воды (например, с влажной шихтой). В соответствии с нормативом – ГОСТ 12.1.010-76 опасными и вредными факторами, воздействующими на людей при взрыве, являются: ударная волна, давление на фронте которой превышает допустимое, пламя и пожар, обрушение оборудования, коммуникаций и разлет их осколков.

При взрыве в рабочем пространстве печи, прогаре водоохлаждаемых элементов печи, выбросе шлака и металла на рабочую площадку сталевар должен отключить электропечь, прекратить подачу газа, кислорода в печь, оповестить людей в зоне аварии, сообщить диспетчеру, а при пожаре в противопожарную службу, включить сирену, вызвать газоспасателей, скорую медицинскую помощь.

Для предотвращения возникновения взрывов, на шихтовом дворе производят осмотр металлошихты на наличие взрывоопасных материалов, и закрытых емкостей.

По плану ликвидации аварий в ЭСПЦ систематически проводятся учебные тревоги, тренировки и отработки взаимодействия персонала с газоспасательной и пожарной службами.

Все рабочие проходят вводный инструктаж по технике безопасности, и первичный на рабочем месте, обучение по безопасности труда. Ежеквартально проводится повторный инструктаж по программе первичного инструктажа на рабочем месте.

## 5.6 Расчёт теплозащитного экрана на ДСП

Так как для наблюдения за ходом технологического процесса требует визуального контроля, то для защиты от теплового излучения выбран прозрачный теплозащитный экран.

Предполагается, что необходимая площадь окна составляет 1 м2. Окно расположено в десяти метрах от ДСП (источника излучения тепловой энергии). Температура источника излучения равна 400 °С.

Интегральная плотность теплового потока от источника излучения определяется по формуле:

, (31)

где  – коэффициент излучения абсолютно чёрного тела, =5,67 Вт/(м2⋅К4);

 – площадь источника излучения (рабочее окно), F = 2,2 м2;

–температура источника излучения, К;

–эффективная температура перед прозрачным экраном, принята равной температуре окружающего воздуха, = 293 К.

Тогда, тепловой поток будет равен:

Q = 5,67·1·[(693/100)4 – (293/100)4] = 13196 Вт.

Плотность теплового потока перед экраном (qпэ) определяется по формуле:

, (32)

где  – расстояние от источника излучения до экрана, =15 м.

Следовательно, плотность теплового потока перед экраном будет равна:

 Вт/м2.

Тепловой поток, поглощённый экраном  определяется по формуле:

 (33)

где  – эффективность теплозащиты прозрачного экрана в зависимости от температуры источника излучения и вида материала экрана.

В качестве материала выбрано органическое стекло. Для выбранного материала при температуре 500 °С: Кэ = 0,95. Следовательно, тепловая энергия, поглощённая экраном равна:

 = 123,8·0,95 = 117,6 Вт/м2.

Далее в расчёте принимается, что отражение прозрачного экрана равно нулю. Экран под воздействием поглощённой энергии нагревается выше окружающей среды, и сам становится источником излучения, излучаемая экраном энергия распределяется поровну в обе стороны от вертикально расположенного плоского экрана. Для упрощения предполагается, что конвективная составляющая теплоотдачи равна нулю и теплоотдача всей поглощённой экраном энергии происходит излучением.

 (34)

где  – плотность теплового потока на рабочем месте, Вт/м2;

 – поглощённая экраном энергия, Вт/м2.

Следовательно, после установки теплозащитного экрана тепловой поток на рабочем месте составит:

 Вт/м2.

Так как нормируемое значение составляет 140 Вт/м2, то можно сделать вывод, что установка теплозащитного экрана из закалённого теплоотражающего стекла с плёночным покрытием достаточна для обеспечения удовлетворительного уровня тепловой облучённости в помещении пульта управления.

# 6 Охрана окружающей природной среды

## 6.1 Экологическая характеристика ОАО «Уральская Сталь»

Металлургическая промышленность, по степени ущерба, наносимого окружающей среде в нашей стране занимает второе место среди отраслей промышленности после топливно-энергетического комплекса, отличаясь высокой ресурсоемкостью и, как следствие большими отходами.

Основными источниками загрязнения на металлургическом предприятии с полным циклом, в том числе и на ОАО «Уральская Сталь» (ОХМК), являются выбросы коксохимического, агломерационного, доменного и сталеплавильного производств.

ОАО "Уральская Сталь" расположено на северо-востоке города Новотроицка, Оренбургской области, в пятистах метрах от жилого массива. Санитарно-защитная зона не соответствует санитарным нормам, в связи с чем необходимо предусмотреть меры защиты окружающей среды. Комбинат расположен относительно господствующего северо-западного направления ветров так, чтобы ветер дул со стороны жилого массива. Данная местность относится к степной зоне, климат – резко-континентальный, поэтому ей свойственны сильные ветра, а также бедная растительность.

Природоохранная деятельность – одно из приоритетных направлений «Уральской Стали». С целью эффективного управления природоохранной деятельностью Общество внедрило и применяет систему экологического менеджмента в следующих областях: производство стали, слябов, блюмов, толстолистового и сортового проката, а также производство электроэнергии, сжатого воздуха, пара и водоснабжение, как вспомогательная деятельность.

## 6.2 Валовые выбросы основных загрязняющих веществ по предприятию

В соответствии с графиком наблюдения за качеством атмосферного воздуха, согласованным с ГЦСЭН, группой мониторинга атмосферного воздуха ЛМОС УООС проводился мониторинг атмосферы в зоне влияния факела комбината и в жилых кварталах города [31].

В 2005 году выбросы в атмосферу технологического оборудования комбината составили 81662,169 тонн. Данные о валовых выбросах загрязняющих веществ в атмосферу основными цехами комбината приведены в таблице 35.

**Таблица 35−Валовые выбросы основных цехов в 2005г.**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование  цеха,  производства | Твердые | Оксид углерода | Оксиды  азота | Диоксид серы | Прочие | Всего  по цеху |
|
|
| КХП | 1410,327 | 4898,085 | 407,579 | 2307,116 | 150,635 | 9173,742 |
| Аглоцех | 3307,651 | 44678,420 | 1193,861 | 4071,894 | 0,0068 | 53251,833 |
| Доменный цех | 2640,534 | 4233,338 | 368,577 | 201,918 | 77,41 | 7521,777 |
| Мартеновский цех | 1149,398 | 1101,062 | 1684,059 | 170,557 | 0,001137 | 4105,077 |
| ЭСПЦ | 699,59 | 797,850 | 756,436 | 54,626 | 19,819 | 2328,321 |
| Прокатные цеха | 291,72 | 1713,2947 | 2642,4332 | 593,2826 | 8,308 | 5249,038 |
| Всего по комбинату | 9512,158 | 57424,451 | 7061,817 | 7403,673 | 260,069 | 81662,169 |

Как видно из таблицы 35, выбросы электросталеплавильного цеха ниже выбросов мартеновского или доменного цехов. Так выбросы ЭСПЦ за 2005 год по оксиду углерода составляют 797,850 т, что на 27,5% меньше чем в мартеновском цехе и на 81% чем в доменном. А выбросы диоксида серы составили 54,626 т, что на 68% меньше чем в мартеновском цехе и на 73% чем в доменном. Всего ЭСПЦ за 2005 год было выброшено 2328,321 т загрязняющих веществ в атмосферный воздух, что на 43% меньше чем мартеновским цехом и на 69% чем доменным.

Валовые выбросы загрязняющих веществ за 2004-2005 года представлены в таблице 36.

**Таблица 36−Валовые выбросы загрязняющих веществ за 2004-2005г.г.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Виды выбросов | 2004г | 2000г |
| Количество, тонн | Количество, тонн |
| Валовые выбросы загрязняющих веществ, всего: | 83090,834 | 81662,169 |
| из них: |  |  |
| твёрдых | 9762,166 | 9512,121 |
| газообразных | 73328,664 | 72150,048 |
| в том числе: |  |  |
| окиси углерода | 58421,942 | 57424,451 |
| сернистого ангидрида | 7381,206 | 7403,673 |
| окислов азота | 7269,184 | 7061,817 |
| углеводородов | 2,697 | 6,293 |
| летучих органических соединений | 56,293 | 58,265 |
| прочих жидких и газообразных | 197,342 | 195,549 |

Согласно таблицы 36 уменьшение валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на 1428,665 т в 2005г по сравнению с выбросами в 2004г связано с сокращением производства стали в мартеновском цехе и выводом из состава ОАО «Уральская Сталь» Аккермановского рудника и огнеупорного цеха.

Увеличение валовых выбросов диоксида серы связано с повышенным содержанием серы в аглорудном сырье, используемом при производстве агломерата.

## 6.3 Экологическая характеристика электросталеплавильного цеха ОАО «Уральская Сталь»

Протекающие в ДСП, при высоких температурах электрических дуг, сложные физико-химические процессы сопровождаются интенсивным образованием газов со значительным содержанием в нем пыли.

Под воздействием электрических дуг происходит интенсивное окисление компонентов шихты и расплава. Возникающие электродинамические и газодинамические силы, особенно на высокомощных печах, вызывают разбрызгивание жидкой ванны, выбросы частиц металла и шлака с весьма большими скоростями. Наиболее крупные частицы металла и шлака возвращаются в расплав под действием сил гравитации и турбулентных пульсаций газов, остальные выносятся потоком газов из печи.

Другой причиной интенсивного пылеобразования в ДСП является продувка жидкой ванны кислородом. Интенсивность пылеобразования, в этот период, достигает, по сравнению с другими периодами плавки, максимального значения и зависит от состояния ванны, так и от параметров продувки.

В воздушное пространство выбрасывается большое количество пыли, аэрозолей окислов железа, марганца, хрома и никеля.

Состав плавильной пыли и выбросов ДСП изменяется в зависимости от факторов: марка стали, состав шихты, особенности технологического процесса и др.

Средняя за плавку запыленность газов крупнотоннажных ДСП составляет

15–30 г/м3, достигая в период продувки ванны кислородом или подачи в печь порошкообразных шлакообразующих материалов 40 – 50 г/м3.

Общий вынос пыли за время плавки может изменяться от 20 до 23 кг/т. При использовании в шихте замасленной окалины вынос достигает 26 кг/т.

Основной особенностью газовых выбросов ДСП является неравновесный состав, связанный с образованием в зоне дуг специфических веществ (метастабильных частиц, радикалов и др.), которые не успевают прореагировать и выносятся вместе с отходящими газами.

Для ДСП характерным является следующий средний состав газов по периодам плавки, представленный в таблице 37.

**Таблица 37– Средний состав газов по периодам плавки в ДСП**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование периода плавки | Содержание, % | | | |
| СО | СО2 | О2 | N2 |
| Плавление | 4-16 | 12-16 | 5-10 | 58-68 |
| Продувка ванны кислородом | 15-20 | 10-23 | 12-15 | 42-63 |

В состав газовых выбросов входят оксиды углерода (СО, СО2), азот и его соединения (N2, NO, NO2, N2O, NH3, CN и др.), кислород и его летучие соединения с компонентами расплава и примесями (P, S, As и др.), пары воды и продукты ее разложения (Н2 и водородсодержащие соединения).

Оксиды углерода образуется в результате выгорания кокса и углерода, содержащегося в металле, а при использовании замасленной и загрязненной шихты - при выгорании масел и органических загрязнений.Высокие температуры в зоне электрических дуг и рабочем пространстве печи вызывают образование оксидов азота и серы, а также цианидов и фторидов, которые выбрасываются из печи вместе с газами, таблица 38.

**Таблица 38 – Концентрация газовых выбросов**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Соединения | Средняя концентрация, г/м3 | Удельные выбросы,  кг/т |
| Оксид углерода | 13500 | 1350 |
| Оксид азота | 550 | 270 |
| Оксид серы | 5 | 1,6 |
| Цианиды | 60 | 28,4 |
| Фториды | 1,2 | 0,56 |

Концентрация NО2 и цианидов зависит от количества подсасываемого с воздухом азота, мощности электрических дуг и степени диссоциации азота в рабочем пространстве печи. Количество оксидов серы определяется содержанием серы в металле и шлаке, и обычно невелико. Концентрация фторидов в газах пропорциональна содержанию в шлаках плавикового шпата.

## 6.4 Расчет платы за выбросы ЭСПЦ за 2005 год

Расчет платы ЭСПЦ за 2005 год приведен в таблице 39.

**Таблица 39 – Расчет платы за выброс в атмосферный воздух загрязняющих веществ электросталеплавильного цеха за 2005 год**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наимено-  вание загрязняю-  щего вещества | ВСВ,  тонн | Фактический выброс в 2005г, тонн | Норматив платы в пределах ВСВ,  руб/т | Норматив платы сверх ВСВ, руб/т | Размер платы за выброс в пределах ВСВ, руб/т | Сумма платежей, руб |
| Твердые | 718 | 699,59 | 366 | 0 | 256049,94 | 256049,94 |
| Оксид углерода | 1210 | 797,850 | 3 | 0 | 2393,55 | 2393,55 |
| Оксиды азота | 1088 | 756,436 | 260 | 0 | 196673,36 | 196673,36 |
| Диоксид серы | 127 | 54,626 | 200 | 0 | 10925,2 | 10925,2 |
| Итого | - | 2328,321 | - | - | 466042,05 | 466042,05 |

## 6.5 Влияние на здоровье человека загрязняющих веществ

В таблице 40 приведены классы опасности основных загрязняющих веществ и их влияние на организм человека.

**Таблица 40 – Влияние на здоровье человека загрязняющих веществ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вещество | Класс опасности | Действие на организм человека |
| Пыль нетоксичная | 3 | Раздражающее действие, вызывает коньюктивит, дерматиты, фиброз легких |
| Диоксид серы | 3 | Общетоксичное, раздражающее, эмбриотоксическое действие |
| Диоксид азота | 2 | Сильно токсичен, оказывает общетоксичное, раздражающее, аллергенное действие |
| Оксид углерода | 4 | Сильно токсичен, нарушает дыхание, уменьшает потребление тканями кислорода, вызывает судороги |

## 

## 6.6 Мероприятия по снижению валовых выбросов

### 6.6.1 Характеристика газоотводящего тракта ДСП

Для отвода пылегазовых выбросов ДСП сооружена система газоотвода очистки. За каждой электропечью стоит свой газоотводящий тракт в составе:

– котла утилизатора;

– газоотводящих трубопроводов;

– установки газоочистки;

– дымососная установка.

Газы, образующиеся в рабочем пространстве печи, через специальное отверстие в своде направляются по системе газопроводов в котел-утилизатор. После охлаждения в котле утилизаторе газы поступают на установку газоочистки, а затем с помощью дымососа выбрасываются в трубу.

В состав каждой газоочистки электропечей входят рукавные фильтры ФРО - 20300-130-10, два дымососа ДН 24х2-0,62 с электродвигателем ДА 302-17-44/3, мощностью 530 кВт

Для улавливания неорганизованных выбросов отходящих от электропечей установлены подкрышные зонты над печами размерами 6х27 м. От этих зонтов запыленный воздух направляется на газоочистку.

Газовоздушная смесь от организованных и неорганизованных выбросов после очистки выбрасывается в атмосферу через общую дымовую трубу. Остаточная запыленность газов не превышает 100 мг/м3.

### 6.6.2 Мероприятия по снижению пылегазовых выбросов

Исходя из описанного выше механизма образования пылегазовых выбросов в ДСП, следует, что газообразные выбросы не очищаются, а просто выбрасываются в атмосферу. Но можно изменить состав этих газов, например дожигать СО до СО2, в результате чего сокращается расход электроэнергии и газ СО2 менее вреден, чем СО. Пылевые же выбросы можно сократить.

Снижение выбросов должно осуществляться за счет оптимизации способов подачи кислорода в печь, организации дополнительного подвода тепла в рабочее пространство (применение топливно-кислородных горелок), предварительного подогрева шихты (организация "горячего" начала плавки, что способствует снижению угара металла), выбора правильного электрического режима (наиболее экономичным образом обеспечить максимальную скорость расплавления шихты и нагрева жидкого металла до температуры выпуска).

Для уменьшения пылеобразования необходимо снижать температуру металла в реакционной зоне продувки, путем рассредоточения дутья, добавления различных охладителей в реакционную зону, усиление циркуляции жидкого металла вблизи реакционной зоны.

С целью снижения организованных выбросов в 2008 году в ЭСПЦ была проведена реконструкция газоочисток №1, 2 за электропечами №1, 2.

Для снижения неорганизованных выбросов выполняется ряд организационных мероприятий:

1) 3-х разовый полив автодорог на территории Общества;

2) на особом контроле находятся системы гидрообеспыливания мест выгрузки окатышей, руды, концентрата, известняка, подавления пыли при выбивки шлаковых чаш, обеспечивалась их бесперебойная работа.

# 

# Заключение

На основании выполненной работы делаем следующие выводы. Для обеспечения массовой доли азота в стали 0,008% и менее, необходимо:

1) производить продувку металла техническим кислородом с расходом не более 5500 м3/плавку;

2) общая масса металлошихты не должна превышать 125-128 т;

3) ограничить массу лома типа ШЭЛ и обрези ЛПЦ до уровня не более 10 т, за счет увеличения массы лома типа (3А и ШЭ);

4) расход жидкого чугуна на плавку должен составлять 55-65 т;

5) в завалку вводить 2 т известняка;

6) расход углеродсодержащего материала для вспенивания шлака должен составлять:

- для вдувания через инжектора – не более 1200 кг;

- для присадки сверху (через свод) – не более 400 кг;

7) температура металла перед выпуском должна составлять 1610-1640 ˚С;

8) качественная установка защитной трубы, подача аргона и очистка посадочного места трубы от настылей, брызг металла перед ее установкой. При невозможности полной очистки места стыка проводить замену защитной трубы;

9) накрытие поверхности металла теплоизоляционной смесью без появления «горячих» пятен на поверхности металла.

В экономической части дипломной работы была рассчитана себестоимость марки К60(08ГБФ-У), исходя из выше изложенных выводов и рекомендаций.

Согласно произведенным расчетам себестоимость марки снизилась на 17 руб/т стали за счет повышения качества стали и уменьшения брака. Кроме того, при повышении качества металла соответственно повышается выход годного и, как следствие, увеличивается объем производимой продукции и удельная производительность. Все это благоприятно сказывается на объеме получаемой прибыли и рентабельности продукции.

# Список использованных источников

1 Явойский В.И., Кряковский Ю.В., Григорьев В.П. и др. Металлургия стали. М.: Металлургия. 1983.- 584 с.

2 Аверин В.В. Азот в металлах. – М.: Металлургия, 1976. – 114 с.

3 Линчевскнй Б.В. Термодинамика и кинетика взаимодействия газов с жидкими металлами. М.: Металлургия, 1986.

4 Поволоцкий Д.Я., Рощин В.Е. и др. Элетрометаллургия стали и ферросплавов.- М.: Металлургия, 1984.- 568 с.

5 Кудрин В.А. Теория и технология производства стали - М:. Издательство “Мир”, 2003г.

6 Баканов К.П., Бармотин И.П. и др. Рафинирование стали инертным газом. М.: Металлургия, 1975.- 175 с.

7 Кнюппель Г. Раскисление и вакуумная обработка стали. М.:  
 Металлургия, 1984.- 238 с.

8 Поволоцкий Д.Я., Кудрин В.А., Вишкарев А.Ф. Внепечная обработка стали. – М.: МИСиС, 1995. – 256 с.

9 Кочетов А.И., Кац Л.Н., Алеев Р.А. и др. /Рафинирование расплавов от азота при внепечной обработке в условиях ОЭМК //. Электрометаллургия. - 1998. - № 1.- 29-34 с.

10 Морозов А.Н. Внепечное вакуумирование стали. М.: Металлургия, 1975

11 Старов Р.В., Деревянченко И.В., Гальченко А.В., Кучеренко О.Л. / Снижение содержания азота при производстве электропечной стали //. Бюллетень «Черная металлургия», № 9, 2003., 25-31 с.

12 Морозов А.Н. Водород и азот в стали. - М.: Металлургия, 1968.

13 Явойский В. Я. Теория процессов производства стали. — М.: Металлургия, 1967. — 792 с.

14 Humenih M.A., Kingery W.D. / Journal of American Ceramic Society, 1954. №3.

15 Эндерс В.В., Якшук Д.С, Лейнвебер Е.И., Дьяченко Ю.В. / Влияние состава металлошихты на содержание азота в кордовой стали. Сталь. 1998. № 11.- 29—31 с.

16 Киселев А.Д., Тулуевский Ю.Н. Повышение эффективности газоудаления из дуговой сталеплавильной печи. - М.: Металлургия, 1990

17 Справка о содержании азота в стали выплавляемой в ЭСПЦ от22.12.08.

18 Выплавка стали в ДСП. Технологическая инструкция ТИ – СТ.ЭС - 06-08.Новотроицк 2008.

19 Справка о содержании азота в стали выплавляемой в ЭСПЦ от 22.10.2008.

20 Справка о производстве стали в ДСП №2 от 2.07.2008.

21 Справка о величине прироста массовой доли азота в стали по ходу разливки на МНЛЗ от 20.05.2008

22 ТУ 14-1-5521-2005г., «Прокат толстолистовой для электросварных труб класса прочности К52-К60 диаметром 530-1220мм. повышенной эксплуатационной надежности.

23 Методика расчетов ферросплавов в ЭСПЦ.

24 Обработка стали на установке «ковш-печь». Технологическая инструкция ТИ-СТ.ЭС-09-08.Новотроицк, 2008.

25 Паспорта выплавки плавок ЭСПЦ.

26 Операционная карта по внепечной обработке ОК-13657842-СК.МП-02-06.

27 Разливка на слябовой МНЛЗ. Технологическая инструкция ТИ-СТ.ЭС-04-2006. Новотроицк 2006.

28 Учебно-методическое пособие «Разработка экономических и организационных вопросов при курсовом и дипломном проектировании», М., 2001г.

29 Калькуляция себестоимости электросталеплавильного цеха ОАО «Уральская сталь».

30 Бабайцев И.В., Варенков А.Н., Потоцкий Е.П. Безопасность жизнедеятельности. Охрана окружающей природной среды. Учебное пособие для выполнения дипломных работ. - М.: МИСиС, 2000.

31 Доклад о природоохранной деятельности в 2005г (УПБ).

32 Справка о валовых выбросах 2004-2005гг.