

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт политехнический
Факультет материаловедения и металлургических технологий
Кафедра пирометаллургических и литейных технологий

РАБОТА ПРОВЕРЕНА
Рецензент

(должность)
_____/ А.Д. Дрозин /
(подпись) (И.О.Ф.)
« ____ » _____ 2017 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
д.т.н., профессор

_____/ Б.А. Кулаков /
« ____ » _____ 2017 г.

Использование ГБЖ в трубной стали

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–22.04.02.2017.187.00.00 ПЗ ВКР

Консультант

к.т.н., профессор

(должность)
_____/ Н.В. Мальков /
(подпись) (И.О.Ф.)
« ____ » _____ 2017 г.

Руководитель работы

д.т.н., профессор

(должность)
_____/ В.Е. Роцин /
(подпись) (И.О.Ф.)
« ____ » _____ 2017 г.

Консультант

Инженер-технолог по термообработке
ОПТ ПАО «ЧТПЗ»

(должность)
_____/ И.А. Созыкин /
(подпись) (И.О.Ф.)
« ____ » _____ 2017 г.

Автор работы

студент группы П-241
_____/ Н.Е. Исмаилов /
(подпись) (И.О.Ф.)
« ____ » _____ 2017 г.

Консультант

Ведущий инженер-технолог
ОПТ ПАО «ЧТПЗ»

(должность)
_____/ Р.М. Каримов /
(подпись) (И.О.Ф.)
« ____ » _____ 2017 г.

Нормоконтролер

к.т.н., доцент

(должность)
_____/ А.В. Карпинский /
(подпись) (И.О.Ф.)
« ____ » _____ 2017 г.

Челябинск 2017

АННОТАЦИЯ

Исмаилов Н.Е. Использование ГБЖ в производстве трубной стали – Челябинск: ЮУрГУ, П-241, 31 с., 11 ил., 6 табл., библиогр. список – 4наим.

В дипломной работе рассматривается применение горячебрикетированного железа в ДСП-120 на предприятии филиала ПАО «ЧТПЗ» ОАО «ПНТЗ».

Объектом исследования является применение горячебрикетированного железа при производстве трубных заготовок с последующим получением горячедеформированных труб.

В дипломной работе описаны влияние цветных примесей на качество проката, технология производства бесшовных труб, и сравнительный анализ брака с использованием горячебрикетированного железа и без.

Описаны технология производства стали для производства бесшовных труб, технико-экономические показатели ДСП и анализ расходного коэффициента труб по бракам.

					22.04.02.2017.187.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		1

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	7
1.1	П
процесс получения губчатого железа по технологии NYL-3	7
1.2	В
лияние цветных примесей на качество стали.....	10
1.3	Т
ехнология производства трубных заготовок.....	11
1.4	Т
ехнология производства бесшовных труб.....	15
ПРОВЕДЕНИЕ АНАЛИЗА.....	19
1.5	П
роведение опытной работы с ГБЖ.....	19
СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ.....	27
1.6	П
рокат труб марки стали 09Г2С с размерами 325×9 мм	27
1.7	А
нализ брака при производстве труб марки стали 09Г2С	29
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	31
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	32

					22.04.02.2017.187.00.00 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		2

ВВЕДЕНИЕ

В связи с ухудшением качества стального лома возникла необходимость применения новых шихтовых материалов, такие как металлизированное сырьё.

По сравнению со стальным ломом (скрапом) металлизированное сырьё, как шихта для дуговых печей, также имеет ряд преимуществ. Состав ее известен и в массе данной партии он однороден. Система подачи его в дуговую печь исключает неравномерное размещение в ванне лома, вызывающее при плавлении колебания мощности и непрерывное изменение длины дуги. При непрерывной загрузке металлизированных окатышей горение дуг более устойчивое и полезная мощность печи увеличивается на 10...14 %. Уменьшается акустический шум.

Важным преимуществом металлизированного сырья является практически отсутствие в нем цветных металлов. Содержание в нем $Cu \leq 0,005$ %, а $Sn \leq 0,002$ %. Для сравнения: в оборотном заводском скрапе Cu 0,020...0,060 % и $Sn \leq 0,005$ %, а в амортизационном ломе Cu 0,10...0,60 % и Sn 0,015...0,060 %. Металлизированное сырьё содержит также мало серы (0,005...0,025 %) и фосфора (0,010...0,035 %).

Железо прямого восстановления отличается от стального лома и скрапа рядом особенностей, вызывающих необходимость применения определенных технологических приемов при его использовании. Применяют его в виде брикетов размером до 70 мм или, значительно чаще, в виде окатышей диаметром 3...20 мм. Так как степень металлизации окатышей составляет 0,90...0,97, они содержат 3...12 % оксидов железа, что ускоряет формирование шлака. Однако высокое содержание в них пустой породы (2...8 %) с основностью $(\%CaO)/(\%SiO_2) \approx 0,3$ вызывает необходимость введения в ванну повышенного количества извести. Это значительно повышает количество образующегося шлака и увеличивает расход электроэнергии [1].

					22.04.02.2017.187.00.00 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		3

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Процесс получения губчатого железа по технологии HYL-3

Разработанный мексиканскими процесс HYL был впервые реализован в 1957 году как процесс в стационарном слое с использованием принципа противоточного тепло- и массообмена (HYL-1), реализуемого путем последовательной продувки находящихся в 3-х стационарных ретортах железорудных материалов (окатышей или кусковой богатой железной руды) горячим (980...1240 °С) восстановительным газом, получаемым путем паровой конверсии природного газа. 4-я реторта в это время используется для разгрузки готового продукта и последующей загрузки железорудного сырья. При расходе природного газа 457...470 м³/т и электроэнергии 6...10 кВт×час/т получали ГБЖ со степенью металлизации 84...88 % [2].

Современный процесс HYL-3 реализуется в противоточном шахтном реакторе, аналогичном реактору Midrex. Концептуальная технологическая схема процесса предусматривает использование восстановительного газа с повышенным содержанием водорода (70...87%), высокого избыточного давления в реакторе (более 550 кПа) и высокой температуры в зоне восстановления (более 920 °С) [3]. Типичной шихтой для процесса HYL-3 является смесь окатышей (70%) и кусковой железной руды (30%). Расход железорудных материалов на 1 т ГБЖ со степенью металлизации 94% и содержание С 2,2% составляет 1,45 т.

Процесс позволяет получать при необходимости содержание [С] в ГБЖ до 5%. В этом случае до 90% его находится в продукте в виде карбида.

Для предотвращения спекания кусков руды в процессе их металлизации используют опрыскивание загружаемой руды цементно-водяной суспензией с расходом цемента (или альтернативного материала) 4...6 кг/т руды [4].

Установка и схема HYL-3 представлена на рисунке 1.

					22.04.02.2017.187.00.00 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		4

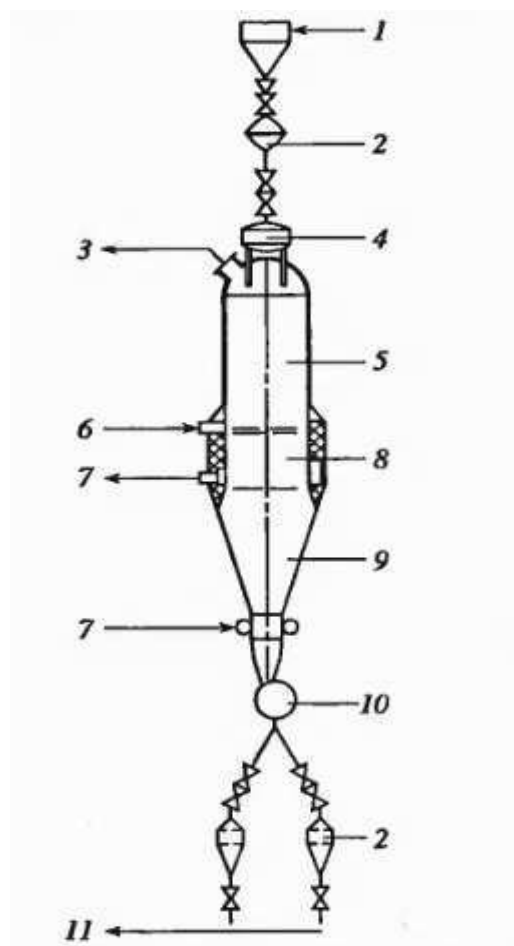


Рисунок 1– Шахтная печь с системами загрузки и выгрузки: 1 – руда;
 2 – емкость для давления; 3 – колошниковый газ, 4 – загрузочный бункер;
 5 – зона восстановления; 6 – газ-восстановитель; 7 – охлаждающий газ;
 8 – зона равного давления; 9 – зона охлаждения; 10 – шлюз с ячейковым питателем; 11 – губчатое железо

1.2 Влияние цветных примесей на качество стали

Цветные примеси оказывают негативное воздействие на свойства стали.

Они образуют легкоплавкие соединения, которые формируются на поверхности или внутри непрерывнолитых заготовок. В связи с этим на заготовках имеются различные несплошности или трещины. Снижение межкристаллитной прочности из-за присутствия легкоплавких примесей приводит к охрупчиванию металла и резкому ухудшению горячей пластичности, снижению теплостойкости, ударной вязкости, хладостойкости и ряда других свойств.

Кроме снижения механических свойств цветные примеси вызывают на трубах поверхностный дефект «наружная пленка», который ухудшает качество проката и увеличивает расходный коэффициент.

Основные дефекты и факторы влияющие на расходный коэффициент:

1) Наружная пленка

- неравномерный нагрев в методической печи;
- дефекты на заготовках (трещины, подкорковые пузыри);
- налипание металла на пильгервалки;
- неправильная настройка пильгервалков;
- ликвация цветных примесей металлов.

2) Внутренняя пленка

- повышенное обжатие перед оправкой при прошивке;
- ликвация, пористость в центре заготовки;
- неравномерный нагрев в методической печи;

3) Зализ

- затруднение при извлечении дорна (отсутствие смазки на дорне, прокат на одном дорне более чем одной заготовки);
- нарушение технологии при извлечении дорна;
- затруднения движения трубы на пилу горячей прокатки.

					22.04.02.2017.187.00.00 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
						6
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

4) Разностенность

- неправильная подстройка раствора валков по длине плети;
- перекос валков пильгерстана;
- неподходящий выбор дорна по размеру;
- использование толстостенных калибровок для труб с большим отношением D/S;
- неправильная настройка валков прошивного стана относительно оси прошивки;
- неравномерный нагрев в методической печи;



Рисунок 2 –Наружная плена на трубах из марки стали 09Г2С

					22.04.02.2017.187.00.00 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7

1.3 Технология производства трубных заготовок

Группа компании «ЧТПЗ» имеет филиал «ПНТЗ», в котором расположен электро-сталеплавильный комплекс. Комплекс состоит из:

- ДСП-120 фирмы «SMSSIEMAG»;
- Агрегат «Ковш-печь»;
- Вакууматор;
- 2 установки МНЛЗ (сортовая, блюмовая).

Современная мощная сталеплавильная дуговая печь используется, преимущественно, как агрегат для расплавления шихты и получения жидкого полупродукта, который затем доводят до нужных для требуемой стали состава и степени чистоты внепечной обработкой в ковше. Лишь 15...20 % всей электростали выплавляют без последующей внепечной обработки и завершают плавку раскислением в печи или в ковше во время выпуска.

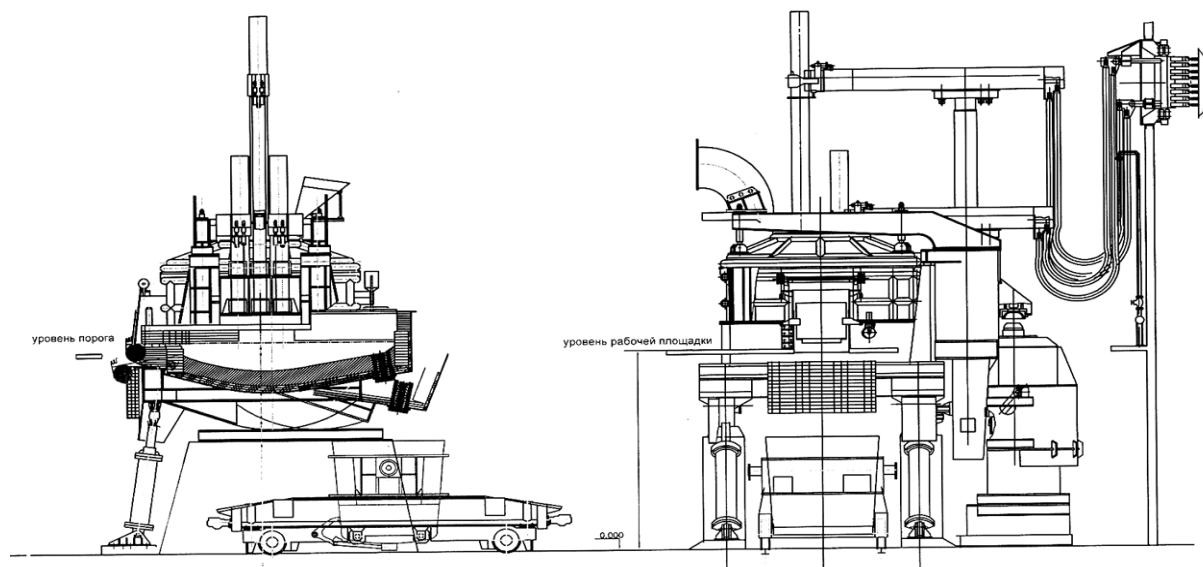


Рисунок 3 –Дуговая сталеплавильная печь 120

					22.04.02.2017.187.00.00 ПЗ ВКР		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			8

Таблица 1 – Технические и эксплуатационные характеристики ДСП-120

Номинальная емкость печи, м ³	142
Емкость печи, т	140
Мощность трансформатора, МВА	120
Тип выпуска плавки	Эркерный
Количество рабочих ступеней трансформатора	17
Диаметр электрода, мм	600
Длина электрода, мм	2400

Плавку на свежей шихте ведут с интенсивным окислительным периодом, в течение которого окисляются углерод, фосфор и другие элементы, присутствующие в металлической ванне и способные окисляться. Это позволяет весьма расширить возможность использования шихтовых материалов. Интенсивное окисление углерода в окислительный период, вызывающее перемешивание ванны, способствует развитию процессов дегазации, ее дефосфорации, десульфурации.

Плавка в ДСП, после осмотра печи и ремонта пострадавших участков футеровки, начинается с завалки шихты. В современные печи шихту загружают сверху при помощи загрузочной бадьи (корзины). Расположение шихты в бадье предопределяет ее расположение в печи. Поэтому в бадье шихту укладывают в определенном порядке. Для предохранения подины от ударов крупными кусками шихты на дно бадьи загружают мелкий лом, в среднюю часть бадьи – крупную шихту вперемежку с кусками средних размеров, и по периферии – куски средних размеров. Для раннего шлакообразования в завалку вводят известь – 2...3 % от массы металлической шихты – на подину или на часть загруженной ранее шихты.

По окончании завалки в печь опускают электроды, и после включения тока начинают период плавления. В первые минуты этого периода, когда дуги открыты и расположены над горой металлолома, вызывая опасность перегрева свода и

					22.04.02.2017.187.00.00 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		9

стен, работают на низком напряжении. Но через несколько минут, с проплавлением в шихте колодцев, экранирующих находящиеся в них дуги, переходят на максимальную мощность при максимальном напряжении на дуге. В период плавления это возможно вследствие большого тепловосприятия ванны, которому способствует то, что дуги горят непосредственно в твердой шихте, а боковое излучение дуг воспринимается стенками проплавленных ими колодцами, диаметром на 30...40 % больше диаметра электродов. По мере плавления колодцы исчезают. Поэтому для экранирования дуг вспенивают шлак. Делают это введением окислительный шлак измельченных углеродистых материалов (кокса, электродов). В результате окисления углерода в шлаке образуются пузырьки СО, которые его вспенивают.

Для интенсификации плавления применяют разные методы введения в ванну тепла и ее перемешивания. Эти методы легли в основу специальных процессов, которые будут рассмотрены ниже.

Наряду с задачей расплавления шихты в период плавления решают, в определенной мере, и задачу дефосфорации стали, степень которой больше при возможно низкой температуре ванны. Для этого количество руды и извести в завалку рассчитывают таким образом, чтобы к концу плавления иметь основность шлака $(\% \text{CaO})/(\% \text{SiO}_2) \geq 1,7$, а содержание FeO в нем $\geq 12 \%$.

Окислительный период в современных мощных печах обычно весьма короткий в районе 15...20 мин. Его задачей является окисление до нужного содержания углерода, дефосфорация, нагрев ванны до требуемой температуры. Решается эта задача присадками в ванну извести и руды для быстрого повышения основности, окисленности шлака и его вспенивания. Ванну продувают кислородом, обычно при расходе его 0,4...1,2 м³/(т·мин).

С применением современной технологии с концом окислительного периода завершается и вся плавка. Способ раскисления стали выбирают в зависимости от последующей выпечной обработки. Возможны присадки в печь ферромарганца и ферросилиция, а затем, при выплавке хромсодержащей стали – феррохрома, с

					22.04.02.2017.187.00.00 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		10

окончательным раскислением в ковше. При внепечной обработке в ковше-печи эти операции целесообразно перевести в ковш. Если к стали предъявляют высокие требования по содержанию неметаллических включений ее подвергают вакуумированию[4].

После внепечной обработки сталь разливают на блюмовой МНЛЗ на круглые заготовки от 220 до 550 мм.

					22.04.02.2017.187.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

1.4 Технология производства бесшовных труб

Заготовки из ПНТЗ поступают в Челябинский трубопрокатный завод железнодорожным транспортом. Трубы задают в производство согласно инструкцией ТИ 158-Тр.ТБ1-23-2016.

Трубопрокатный цех № 1 представлен следующим трубопрокатным комплексом:

- методическая печь;
- прошивной стан;
- 2 пилигримовых станов (пильгерстаны);
- калибровочный стан.

После входного контроля заготовки и гильзы поступают в методическую печь для нагрева. Нагрев осуществляют с помощью газовых горелок. Время нагрева зависит от диаметра заготовки и марки стали. Для заготовок диаметром 450 мм марки стали 09Г2С оптимальное время нагрева составляет 5...6 часов при температуре 1300...1350 °С.

Качество нагрева обеспечивают выполнением всех требований настоящей инструкции и определяют качеством гильз прошивного стана. Нагрев считается хорошим, если гильзы не имеют кривизны, разностенности, наружных и внутренних дефектов и имеют соответствующую температуру наружной поверхности.

Нагретые заготовки поступают в прошивной стан для получения гильз, которые будут задавать в пилигримовый стан. При неправильной прошивки гильзы имеют следующие виды дефектов, представленные в таблице 2.

					22.04.02.2017.187.00.00 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		12

Таблица 2 – Виды дефектов при прошивке

Вид дефекта	Причина
Разностенность гильз	Неправильная центровка
	Смещение оси прошивки относительно оси стана
	Кривой стержень
	Эксцентричная установка оправки
	Неравномерны односторонний нагрев
	Повышенное отклонение оси сверления от оси заготовки
	Биение стержня с подпятником на величину более 10 мм
Кривая гильза	Неправильная настройка прошивного стана
	Неравномерный нагрев заготовки
Наружные плены	Износ рабочих и направляющих валков
	Использование рабочих валков неодинаковых диаметров
	Наличие дефектов на поверхности слитков
	Некачественный нагрев заготовок
Внутренние плены	Завышено обжатие перед носком оправки
	Износ носка и рабочего конуса оправки
	Перегрев и недогрев металла
Глубокие борозды	Выкрашивание или навар металла на рабочих валках
	Некачественная винтовая нарезка на рабочих валках
Порезы и спираль	Навар металла, наличие раковин на оправке
	Изогнут стержень
	Занижена температура слитков
Недокат или закат	Износ оправки. Навар металла на носик оправки
	Повышенный разогрев оправки
	Использование оправок с обточенной поверхностью без термообработки
	Большая усадочная раковина в слитках
	Перегрев или недогрев заготовок

Гильзы, которые удовлетворяют всем требованиям, поступают в один из пилигримовых станов. Гильзы подвергают прокату с целью получения черновой трубы. Трубы должны удовлетворять всем геометрическим параметрам ТУ или ГОСТ.

Различают следующие виды дефектов труб после прокатки, которые представлены в таблице 3.

						<i>Лист</i>
						13
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

22.04.02.2017.187.00.00 ПЗ ВКР

Таблица 3 – Основные виды дефектов труб

Вид дефекта	Причина
Кольцевание (бугры на трубах)	Большая подача валка за оборот
	Неправильное изготовление угла продольного выпуска валков
	Износ валков
Разностенность	Прокатка разностенных гильз
	Перекося осей валков
	Расхождение нулевых точек валков в шарнирных муфтах
	Большой зазор между подушками и станиной
	Неравномерный нагрев заготовок
Овальность	Неправильная установка выводного желоба
	Большая ширина ручья валков
Рванины	Большое расхождение нулевых точек валков
	Низкая температура гильз перед прокатом
	Высокая температура гильз перед прокатом
Закаты	Большая подача за оборот
	Большой зазор между дорном и внутренним диаметром гильзы
Отпечатки	Износ ручья валков
	Неровности поверхности ручья валков
Гармошка	Изношенные дорны
	Потери продольной устойчивости трубы
	Прихват металла к дорну

После проката трубы поступаю на разрезку пильгердорнов с двух концов.

Далее трубы задают в нагревательную печь под калибровочный стан. Нагрев под калибровку производят при температуре 1110...1120 °С.

Прокатка на калибровочном стане необходима для того, чтобы труба соответствовала геометрическим параметрам по толщине стенки и наружному диаметру.

Дефекты труб после калибровочного стана представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Дефекты труб после калибровочного стана

Вид дефекта	Причина
Брак по диаметру	Износ ручья валков чистовых клетей
Подрез труб	Осевое смещение валков
	Износ валков черновых клетей
Отпечатки (раковины)	Налипание металла на валки
	Сетка разгара на поверхности валков
Бунты (усы)	Повышенный износ валков черновых клетей
	Большой зазор между ребрами валков черновой клетки
Кривизна	Смещение клетей от оси прокатки
	Повышенная разностенность труб
	Разный диаметр валков

3 ПРОВЕДЕНИЕ ОПЫТНОЙ РАБОТЫ ГБЖ

2.1 Техничко-экономические показатели ДСП с применением ГБЖ

В ноябре 2016 на ОАО «ПНТЗ» поступила первая партия ГБЖ Лебединского ГОКа предприятия «Металлоинвеста». Общий объем составил 2000 тонн.

Химический состав ГБЖ представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Химический состав ГБЖ ОАО «Металлоинвест» Лебединского ГОКа.

Fe общ, %	C, %	SiO ₂ , %	S, %	P, %	Fe мет, %
90,1	1,25	3,62	0,008	0,009	85,1

Насыпная плотность дрикета составило 2,5...3,3 т/м³. Размеры брикетов соответственно длина 100...120 мм, ширина 45...55 мм, толщина 30...40 мм.

Основные цели применения ГБЖ:

- расширение сырьевой базы;
- снижение себестоимости производства стали;
- снижение концентрации цветных примесей (меди никеля).

Контрольные плавки проводили в период с 6.12.2016 г. по 11.12.2016 г. в ЭСПЦ «Железный озон 32». Выплавки осуществляли в штатном режиме в соответствии с действующей НТД. Загрузка ГБЖ осуществляли порциями непрерывным процессом с помощью дозаторов. В рамках проведения испытаний шихтовка ДСП изменялась в следующем интервале: 5; 7; 10; 12; 15; 20; 27 тонн. Ход печи был нормальный, без аварийных ситуации.

Общее количество плавков составило 105.

											Лист
											16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.04.02.2017.187.00.00 ПЗ ВКР						

Технико – экономические показатели ДСП представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Расход электроэнергии и времени выплавки в ДСП 120 для марки стали 09Г2С

Номер плавки	Количество ГБЖ, тонн	Расход электроэнергии, кВт×час	Время выплавки, мин
6F8000	6,69	380	32
6F7998	7,08	432	34
6F7997	7,56	440	36
6F7970	10,07	328	31
6F7968	10,13	448	38
6F7969	10,55	428	35
6F8016	11,11	364	37
6F8011	11,16	389	37
6F8018	11,69	465	36
6F8012	12,06	459	34
6F8010	13,11	676	38
6F7986	14,45	448	38
6F7990	14,9	516	36
6F8050	14,94	374	38
6F8037	15,14	495	39
6F7987	15,16	464	39
6F8034	15,43	389	39
6F8036	15,47	445	40
6F8053	15,7	383	37

Согласно данным в таблице 6 наблюдается увеличение расхода электроэнергии и времени выплавки с увеличением количества ГБЖ в шихтовом эквиваленте. Средний расход электроэнергии с применением в качестве шихты 100 % лома составляет $\approx 400...405$ кВт×час.

Средний расход электроэнергии с применением ГБЖ составил 425кВт×час (рисунок 4). Повышение расхода электроэнергии обуславливается тем, что в ГБЖ, по сравнению со стальным ломом, содержится большое количество пустой породы. Для ошлаковывания пустой породы необходим повышенный расход

шлакообразующих флюсов. В связи с этим возникает необходимость работать с большим количеством шлака и с повышенной основностью.

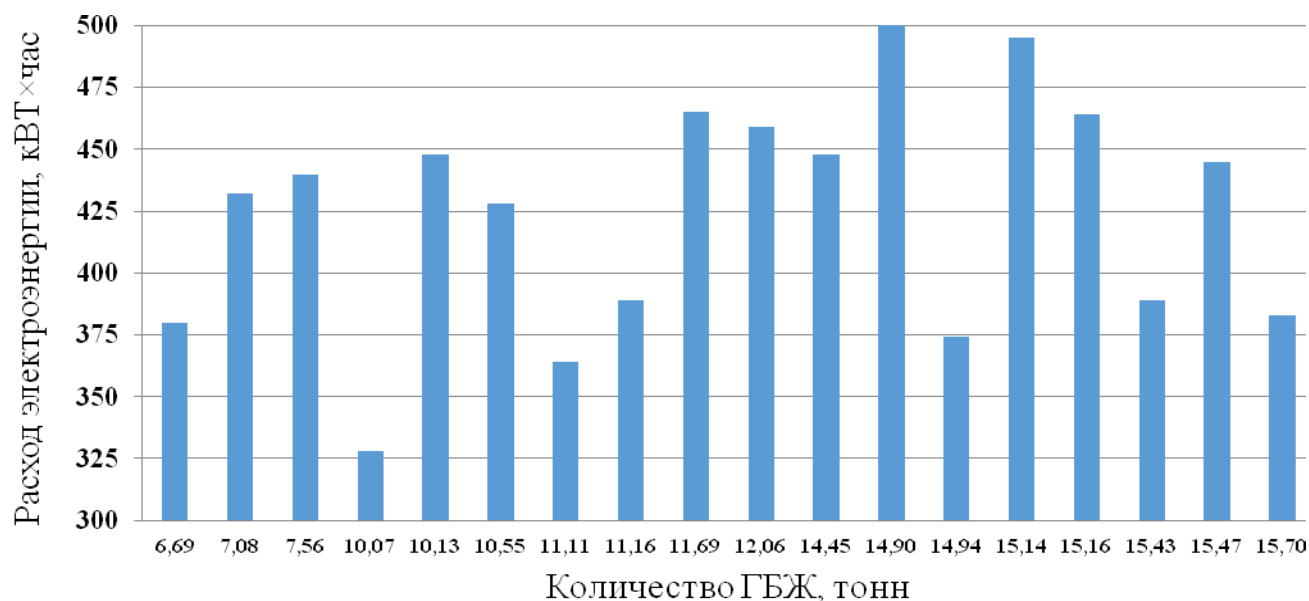


Рисунок 4 – Расход электроэнергии с применением ГБЖ

При сравнении со скрап процессом в ДСП металлизированное сырье увеличило расход электроэнергии на 5...6 %. Кроме повышенного расхода извести увеличился расход углеродсодержащих материалов на 15...20 %.

Время выплавки прискрап процессе на расплавление шихты в ДСП составляет \approx 34...35 минут. С использованием ГБЖ время выплавки увеличивалось равно ему содержанию в шихте. В количестве 10...12 тонн время выплавки увеличилось в среднем на 1,5 минуты. От 12 до 15 тонн время выплавки увеличилось 3...3,5 минуты (рисунок 5).

Производительность ДСП снижается на 5...10 %. Для оптимального производства выплавки стали в ДСП по времени содержание ГБЖ не должно превышать 12 тонн, время выплавки 1,5 минуты.

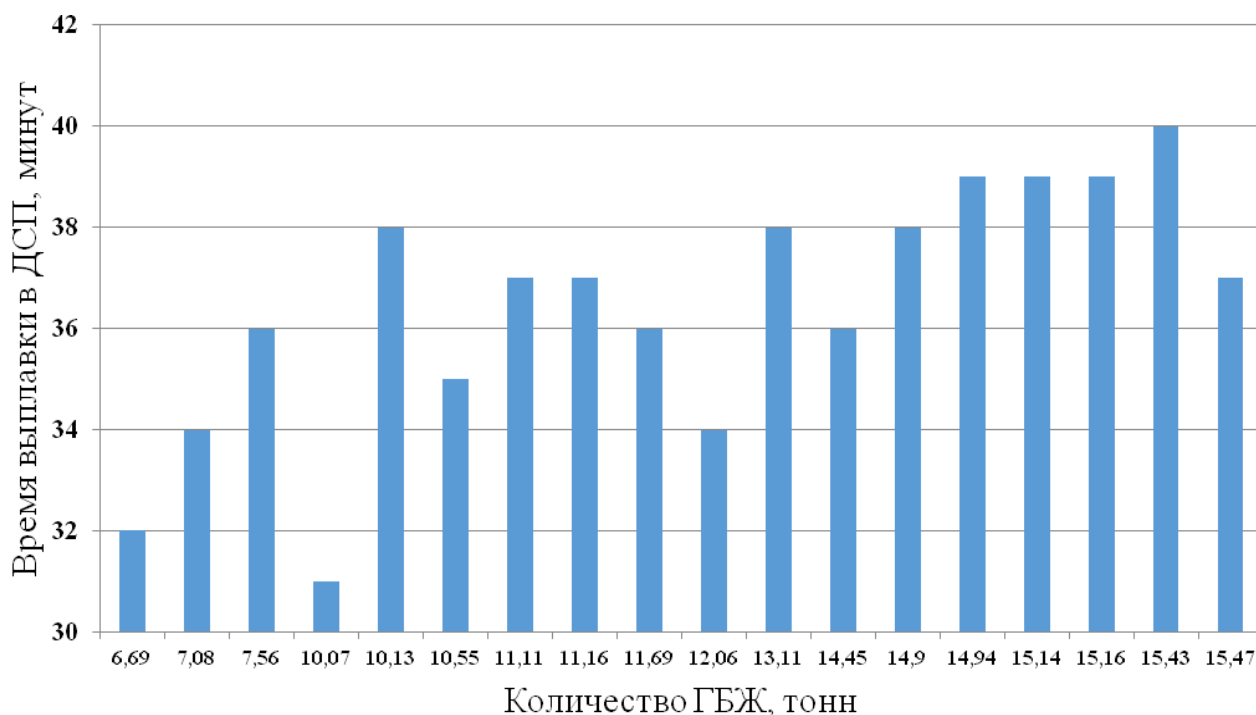


Рисунок 5 – Время выплавки с применением ГБЖ

Горячебрикетированное железо – материал, из первородного высококачественного сырья (железная руда, концентрат). Содержание вредных примесей по сравнению со стальным ломом значительно меньше.

При выплавке стали со 100 % ломом остаточное содержание меди $\approx 0,2$ %. С повышением металлизированного сырья остаточное содержание должно снижаться. При проведении опытных плавки результаты по цветным примесям принимают стихийный характер. Это можно объяснить применением стального лома и ферросплавов низкого качества. Среднее содержание меди по плавкам марки стали 09Г2С составил 0,18 % (рисунок 6). Максимальное снижение концентрации меди составило 0,15 % при использовании ГБЖ 15 тонн.

Содержания остаточного никеля и повышения ГБЖ в шихте показали прямую линейную зависимость (рисунок 7). Максимальное снижение никеля составило 0,09 % при использовании ГБЖ 15 тонн.

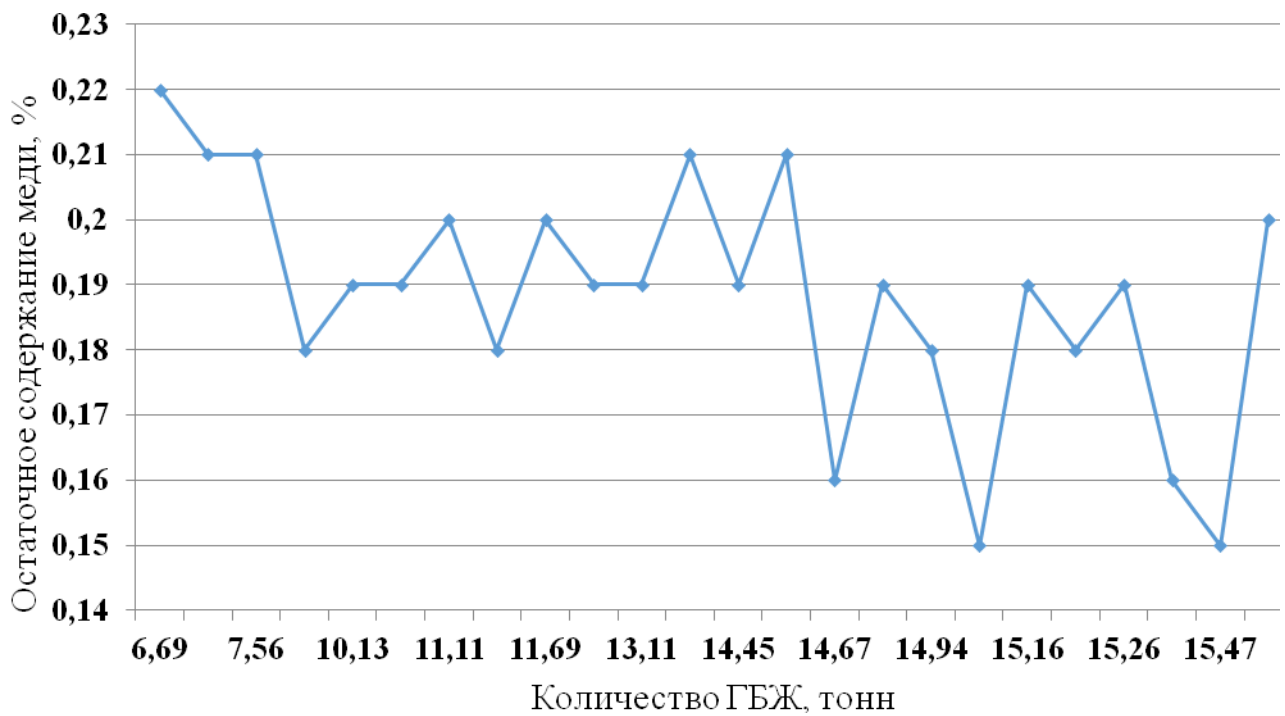


Рисунок 6 – Содержание меди с применением ГБЖ

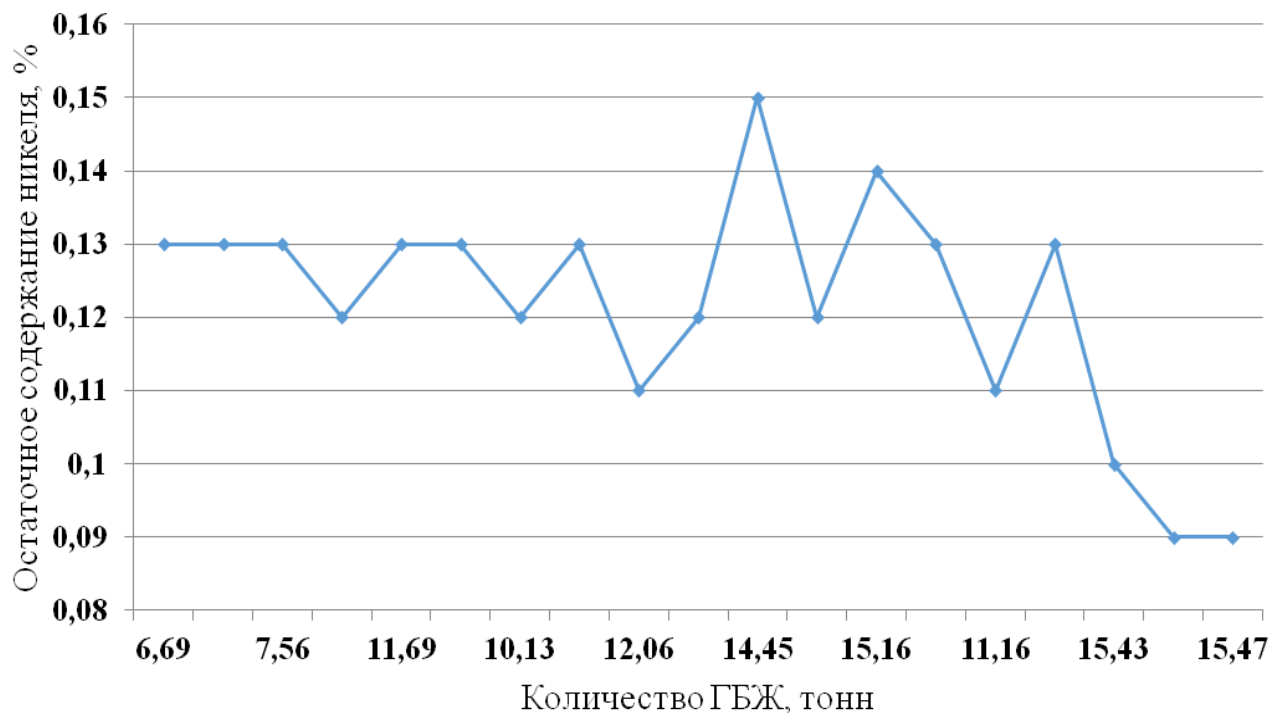


Рисунок 7 – Содержание никеля с применением ГБЖ

Для марки 09Г2С хром является вредной примесью. Максимальное допустимое содержание хрома не более 3 %. Остаточное содержание хрома в стали изменилось незначительно. Максимальное снижение концентрации 0,07 % (рисунок 8).

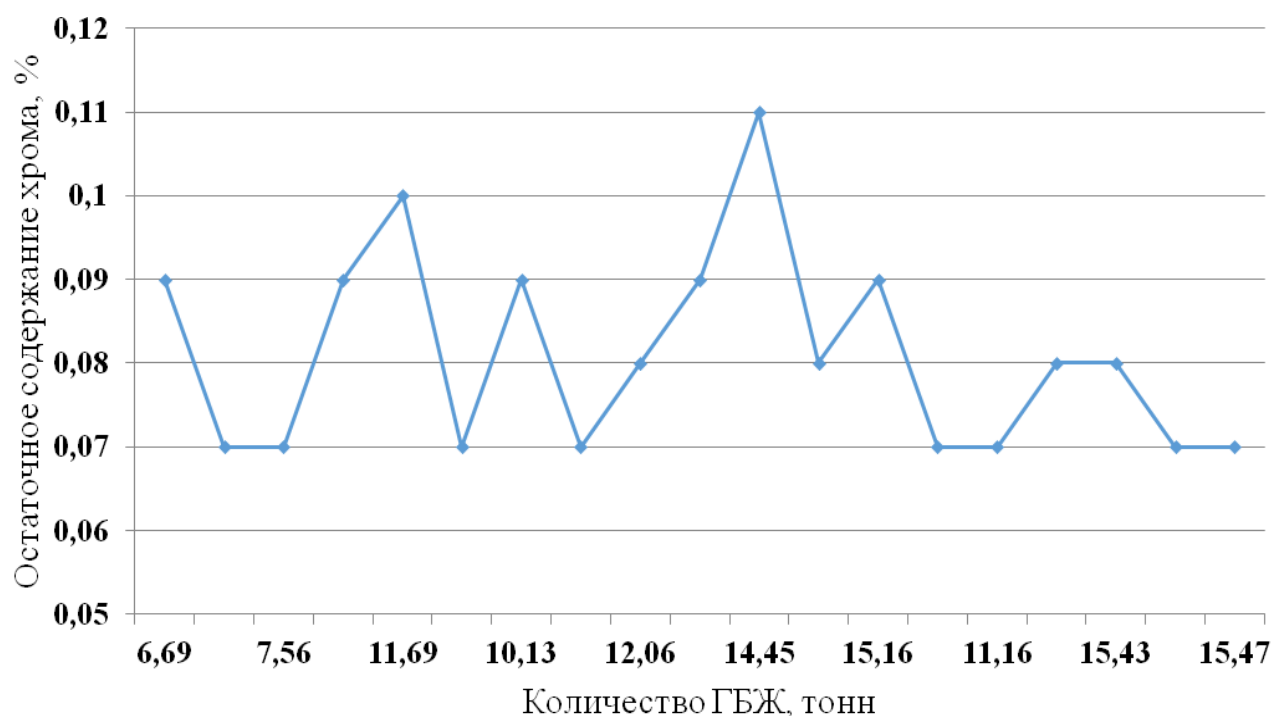


Рисунок 8 – Содержание хрома с применением ГБЖ

Данные по содержанию фосфора и серы практически не отличаются, несмотря на применение металлизированного сырья (рисунок 8, 9).

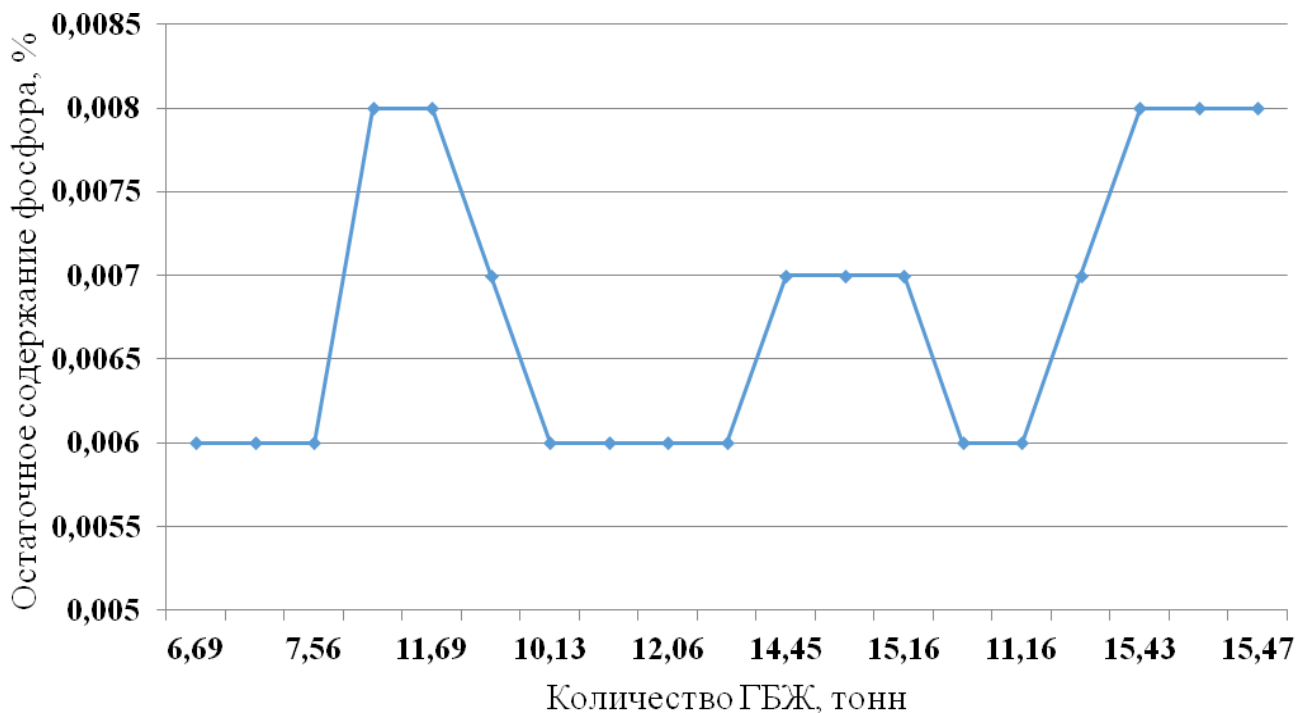


Рисунок 8 – Содержание фосфора с применением ГБЖ

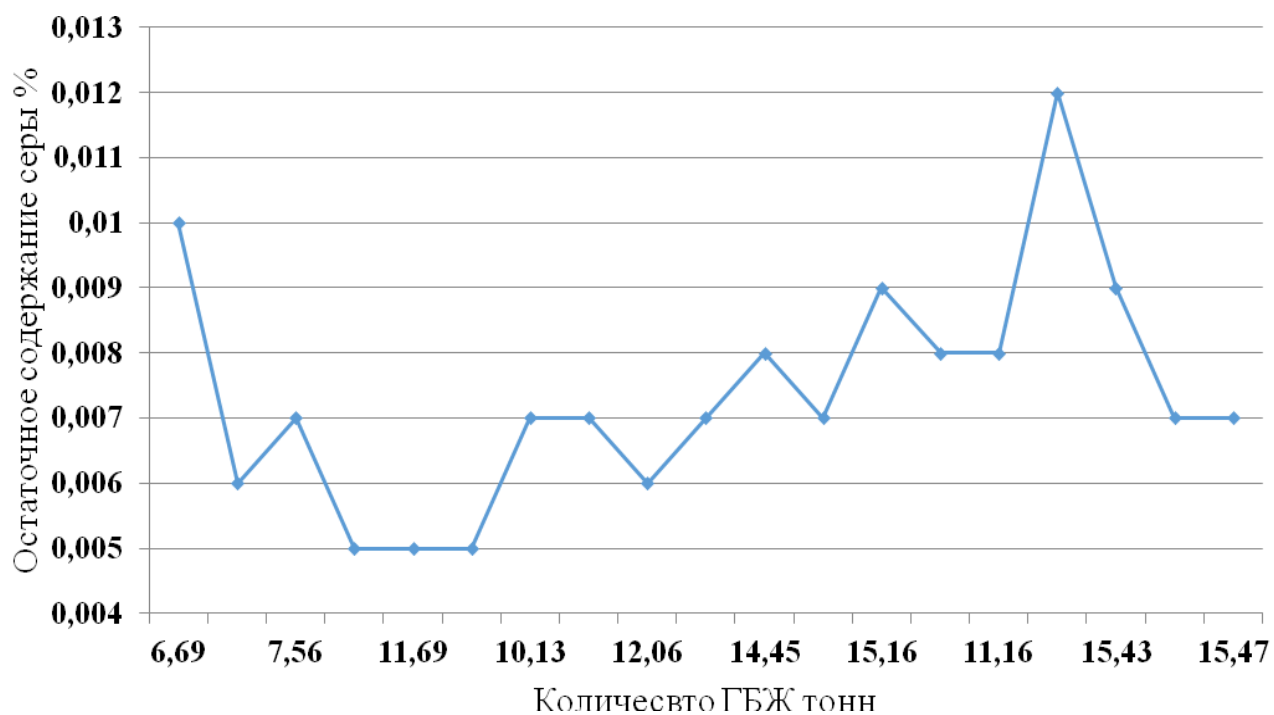


Рисунок 9 – Содержание серы с применением ГБЖ

По результатам плавки опытных работ марки стали 09Г2С с применением ГБЖ можно сделать следующие выводы:

- повышение расхода электроэнергии на 5...6%;
- снижение производительности на 5...10 %;
- повышение расхода углеродсодержащих материалов на 15...20 %;
- повышенный расход флюса и образование шлака.

После расплавления металла в ДСП следуют операции раскисления и легирования металла до заданного химического состава на установке «Ковш-печь». Далее металл поступает на вакууматор для удаления неметаллических включений и газов.

					22.04.02.2017.187.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

3 СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

3.1 Сравнительный анализ брака при прокатке труб

В трубопрокатный цех № 1 предприятия ПАО «ЧТПЗ» поступили заготовки из 22 плавок марки стали 09Г2С с использованием ГБЖ. Заготовки принимали согласно должностной инструкцией ТИ 158-Тр.ТБ1-23-2016.

Руководством ТПЦ № 1 было принято решение из заготовок ПНТЗ произвести трубы диаметром 325 мм, с толщиной стенки 8,9 мм. Технологию прокатки проводили в штатном режиме.

После входного контроля заготовки задавали на резку в дисковый автомат фирмы «Lisinger» на мерные длины от 1900 до 2100 мм.

После разрезки заготовки поступали в методическую печь для нагрева. Нагрев проводили в интервале температур 1300...1350 °С. Время нагрева составило 5...6 часов. Гильзы, которые не удовлетворяли требованиям, не задавали в производство. В ходе прошивки и прокатки нагретых заготовок участком проката не было обнаружено замечаний.

После проката трубы проходили отделочные операции, включая такие операции как:

- гидропресс;
- отрезка концов;
- нарезание резьбы;
- муфтонавертка.

Если трубы не проходили требования по механическим свойствам, назначают дополнительную термообработку с закалкой и отпуском в травильно-термическом отделении, в интервале температур в зависимости от марки стали и толщины стенки трубы.

Все операции от приема металла до загрузки к отправителю заводили в производственно-технологическую систему КИС ЧТПЗ.

					22.04.02.2017.187.00.00 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		24

После всех прокатов 22 заготовок был проведен сравнительный анализ общего расходного коэффициента.

Расходный коэффициент принято считать по формуле:

(1)

где А – количество заданного металла, тонн;

В – выброшенные гильзы, тонн;

С – количество годного металла (масса труб), тонн.

В производстве учитывают 2 вида расходных коэффициентов:

- общий расходный коэффициент;
- целевой расходный коэффициент.

В общий расходный коэффициент включают в сдачу труб, которые попадают во второй или третий сорт.

Целевой расходный коэффициент включает в сдачу труб только трубы первого сорта.

В данной дипломной работе рассматривался только общий расходный коэффициент.

					22.04.02.2017.187.00.00 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		25

3.2 Анализ брака труб для марки стали 09Г2С

Для ТПЦ № 1 общий расходный коэффициент составляет 1,8...1,9.

Для труб марки стали 09Г2С с размерами 325×8 мм общий расходный коэффициент составляет 1,4...1,45.

Основным дефектом для марки стали 09Г2С являются «наружные плены». Одна из возможных причин указывает на повышенную концентрацию цветных примесей в зоне образования дефекта. Концентрация цветных примесей достигает более 2 %. Для сравнения брака труб по цветным металлам были взяты плавки со средним содержанием $\approx 0,2$ % (рисунок 10).

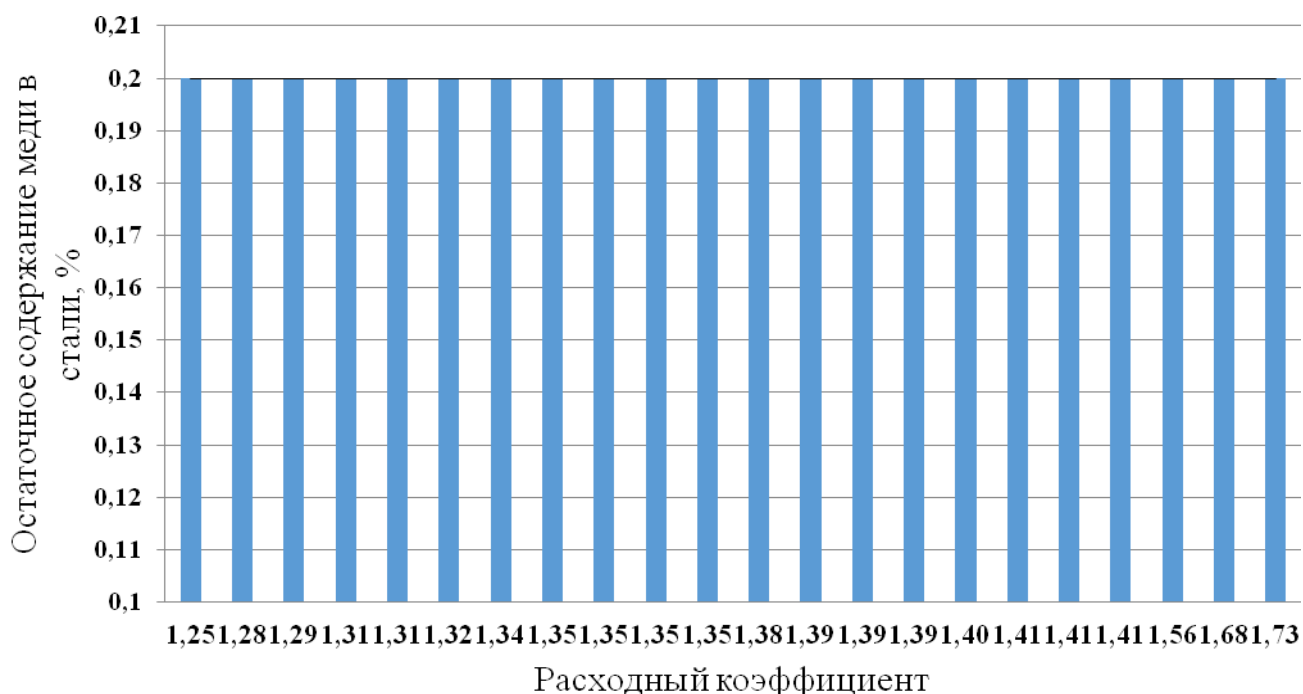


Рисунок 10 – Общий расходный коэффициент труб.

По данным графика общий расходный коэффициент составляет 1,39.

Это удовлетворяет потребности производства в условиях снижения расходного коэффициента на всех этапах производства. На данном расчете проводился брак труб по всем дефектам, включая разностенность, внутренние плены, зализы. Общее количество брака учитывалось как сумма труб, выраженные в тоннах. Помимо этого в расходном коэффициенте учитывали выброшенные гильзы.

При проведении опытной работы в производство задали 2113 тонн.

					22.04.02.2017.187.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Под сдачу включено 1613 тонн. Общий расходный коэффициент в среднем составил 1,31 (рисунок 11).

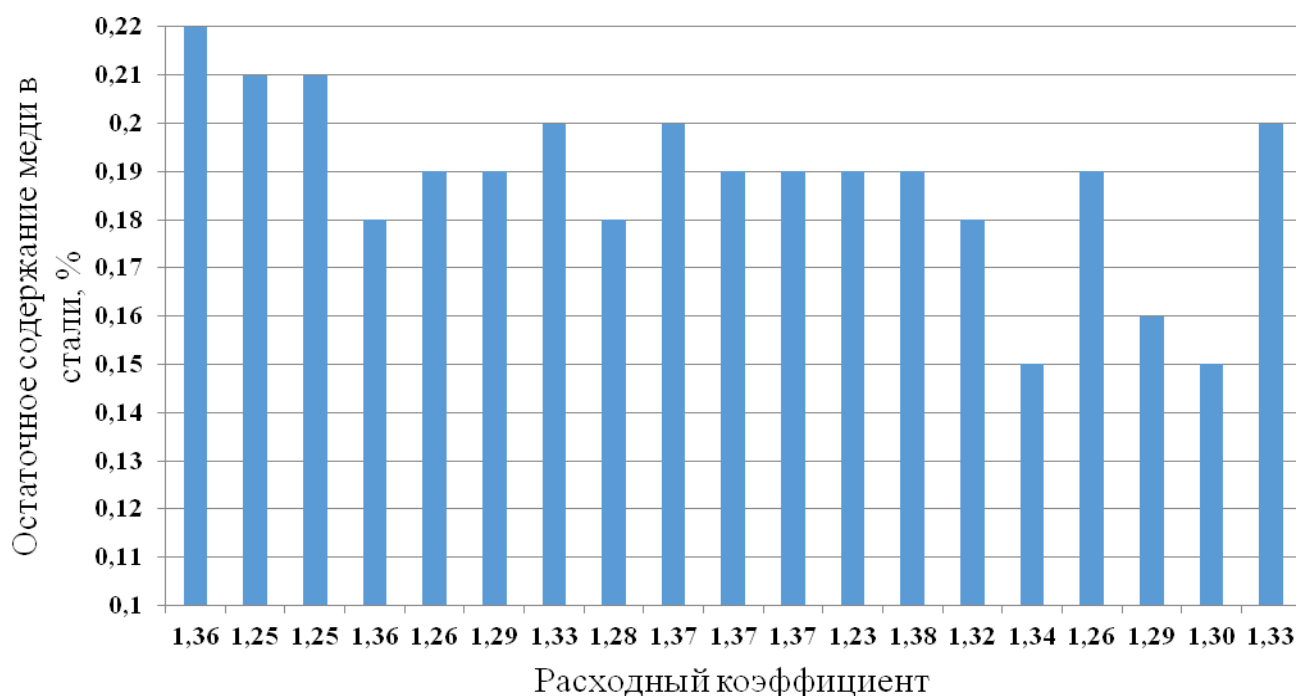


Рисунок 11 – Расходный коэффициент труб с применением ГБЖ.

По данным графика видно минимальный расходный коэффициент составил 1,3 с остаточным содержанием меди 0,15 %. Общий расходный коэффициент сократился почти на 6 %. Расход металла снижен на 8 кг.

Снижение концентрации цветных примесей в стали положительно влияет на расходный коэффициент.

Работа будет продолжена доведением цветных примесей до 0,1 % с корректировкой технологии выплавки стали в ДСП-120.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

					22.04.02.2017.187.00.00 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		27

В данной выпускной квалификационной работе исследовано влияние ГБЖ на качество готового проката труб.

Применение ГБЖ для выплавки стали в ДСП имеет следующие результаты:

- повышение расхода электроэнергии на 5...6%;
- снижение производительности на 5...10 %;
- повышение расхода углеродсодержащих материалов на 15...20 %;
- повышенный расход флюса и образование шлака.

Несмотря на снижение производительности и повышения расхода электроэнергии ГБЖ снизило концентрацию цветных примесей.

Расходный коэффициент снижен на 6 %. Расход металла снижен до 8 кг.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

					22.04.02.2017.187.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. Поволоцкий, Д.Я. Основы технологии производства стали: Учебное пособие для вузов 3-е изд., испр. и дополн. / Д.Я. Поволоцкий – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – С. 200.
2. Astier, J.E. Evolution of shalt furnaces for directreduction. 4thEuropeanCokeandIronmakingCongress / J.E. Astier //ParisLa Defanse. France. – 2000.Vol. 1. – P. 250–255.
3. Пантке, Х.Д. Достижения в развитии процесса Пурофер / Х.Д. Пантке, Г.Х. Ланге // Черные металлы. – 1978.– № 23.– С. 10–14.
4. Тимофеев, Е.С. Исследование выплавкиуглеродистой стали в ДСП-150 с применением ГБЖ / Е.С. Тимофеев, А.И. Кочетов, А.С. Тимофеева // Сб. научных трудов «Современная металлургия начала нового тысячелетия». – Липецк, 2005. – С.43–49.

					22.04.02.2017.187.00.00 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		29