

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(национальный исследовательский университет)»  
Факультет «Материаловедения и металлургических технологий»  
Кафедра «Литейное производство»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой,  
д. т. н. профессор  
/Б. А. Кулаков  
«\_\_»\_\_\_\_\_2019г.

Технология получения стали 76Ф в условиях кислородно-  
конверторного цеха предприятия ПАО "Мечел"

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ-22.03.02.2019.437.00.00 ПЗ ВКР

Нормоконтролер  
доцент, к.т.н.  
А.В. Карпинский  
«\_\_»\_\_\_\_\_2019г.

Руководитель проекта  
доцент, к.т.н.  
С.В. Зырянов  
«\_\_»\_\_\_\_\_2019г.

Автор проекта  
студент группы  
П-437  
Д.И. Фазылов  
«\_\_»\_\_\_\_\_2019г.

Челябинск 2019

## АННОТАЦИЯ

Фазылов Д.И. Технология получения стали 76Ф в условиях кислородно-конверторного цеха предприятия ПАО «Мечел». Челябинск: ЮУрГУ, кафедра МиМТ; 2019, 91 стр., 7 иллюстраций, 18 таблиц. Библиография литературы – 5 наименований, 1 лист «план цеха», 2 листа «спецификация», 1 лист «разрез цеха», 1 лист «плавильный агрегат», 1 лист «результаты расчётов материального баланса», 1 лист «схема газоочистки», 4 листа «иллюстрации к специальной части».

В квалификационной работе рассматривается технология получения стали 76Ф в условиях кислородно-конверторного цеха предприятия ПАО «Мечел». В работе представлены: описание цеха, расчёт основного и вспомогательного оборудования, технология производства сплава, расчёт материального баланса. Рассмотрены следующие вопросы: технология внепечной обработки рельсовой стали, а так же охрана труда и техника безопасности.

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						2
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Содержание

Введение .....	4
1)Технико-экономическое обоснование проектного решения. ....	6
2)Описание кислородно-конвертерного цеха .....	8
3)Расчет основного и вспомогательного оборудования кислородно- конвертерного цеха .....	17
4)Технологическая схема и технология производства сплава.....	26
5)Материальный баланс плавки в конвертере .....	32
6)Специальная часть: «Технология внепечной обработки рельсовых сталей» .....	48
7) Охрана труда и техника безопасности .....	57
Заключение .....	78
Литература.....	79
Приложение А «План цеха» .....	80
Приложение Б «Разрез цеха».....	83
Приложение В «Плавильный агрегат».....	84
Приложение Г «Технологическая схема производства».....	85
Приложение Д «Результаты расчётов материального баланса».....	86
Приложение Е «Схема газоочистки» .....	87
Приложение Ж «Иллюстрации к специальной части» .....	88

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ВВЕДЕНИЕ

Ведущее сталеплавильное производство стали в мире – это кислородно-конвертерное производство. Мировое производство конвертерной стали в 2011г. превысило 1 млрд. тонн, или 70 % общего объема. За последние годы производство стабилизировалось на уровне 85 % в ФРГ и в пределах 75 - 80 % в Японии, Франции, Великобритании, Бразилии, Южной Корее, Канаде, а в Австрии, Австралии, Бельгии, Люксембурге, Нидерландах доля конвертерной стали превосходит 93 %. В мире существует 254 цеха с общим количеством конвертеров - 700. Преобладающее число агрегатов в Китае — более 150, но лишь 13 из них имеют вместимость более 100 т. В Японии из 31 цеха в 23 установлены конвертеры вместимостью от 115 до 300 т, в США и ФРГ лишь в 2 цехах (в каждой стране) работают агрегаты вместимостью более 100 т.

С подъемом развития технологий, появлением новых высокоскоростных поездов, с учетом климатических условий конкретных участков мира, повышаются требования и к рельсовым сталям. Сегодня их качество должно быть гораздо лучше, в сравнении с качеством, которое было 20 лет назад.

В своей работе я рассматриваю производство рельсовой стали в кислородном конвертере. К сталям для железнодорожного транспорта предъявляются повышенные требования, которые отражают специальные условия работы конструкций.

Рельсовая сталь в обязательном порядке должна быть износостойкой и иметь высокую контактную прочность. Производство рельс осуществляется из спокойной стали в мартеновских печах, кислородных конвертерах и в дуговых сталеплавильных печах (ДСП).

Термическая обработка рельсов осуществляется по одной из нижеприведенных технологий:

1) закалка под температурой 860 °С методом обрызгивания горячей водой (35–50 °С) головки рельса в течение 25–35 с, затем следует самоотпуск

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

(за счет тепла неохлажденной нижней части рельса) при температуре примерно 550 °С;

2) полная закалка рельса под температурой 860 °С в горячем масле (70–100 °С), отпуск при температуре 460 – 480 °С на твердость 340–380 НВ.

Концы рельса подвергают поверхностной закалке после индукционного нагрева на твердость 350 – 400 НВ, на глубину закаленного слоя равной 8... 10 мм.

Ниже приведены некоторые марки рельсовых сталей и их химический состав.

Таблица 1. Химический состав рельсовых сталей (ГОСТ 51685 - 2000)

Тип рельса	Марка стали	Массовая доля элементов, мас.%										
		C	Mn	Si	V	Ti	Cr	P	S	Al		
P50, P65, P75	К78ХСФ Э78ХСФ	0,74- 0,82	0,75- 1,15	0,40- 0,80	0,05- 0,15	-	0,40- 0,60	0,025	0,025	0,005		
	М76Ф	0,71- 0,82		0,25- 0,60	-		0,007- 0,025	-	0,035	0,040	0,020	
	К76Ф								0,03- 0,15	0,025		0,025
	Э76Ф								0,035	0,040		
	М76Т								0,025	0,025		
	К76Т								0,035	0,040		
	Э76Т								0,025	0,025		
	М76								0,035	0,040		
	К76								0,025	0,025		
	Э76								0,025	0,025		0,025

Способы производства рельсовых сталей в кислородном конвертере и их внепечной обработки имеют свои принципы и детали, которые я описал в данной работе.

Я выбрал именно эту тему для своей квалификационной работы, так как, производство рельсовых сталей является актуальным и значимым вопросом в условиях развития и совершенствования технологий.

## 1. Технико-экономическое обоснование проектного решения.

План по выплавке стали за отчетный период выполнен на 100%, что демонстрирует нормальные условия работы цеха. Брак слябов, который поступает с МНЛЗ мал, вместе с этим отчетные показатели по объему производства практически не отличаются от запланированных.

В работе находится 3 конвертора. Годовой план по объему производства стали 3000000 т. непрерывно литой заготовки.

Повышение таких показателей как: производительность, уменьшение себестоимости продукции и повышения плана можно добиться за счет: сокращения производственного цикла, сокращения простоев, сокращения времени на ремонты, сокращения брака, сокращения расходов на электроэнергию и ремонт оборудования.

Применение современных электроустановок дает возможность повлиять на вышеуказанные факторы, влияющие на качество и производительность выплавляемой стали. За счет надежности, высокого КПД современных электроустановок можно улучшить технико-экономические показатели, одновременно улучшая качество выпускаемой продукции.

В мировом конвертерном производстве четко обозначена тенденция к расширению сортамента высококачественных сталей ответственного назначения и листового сортамента, что является причиной повышения требований по чистоте выплавляемого металла.

В таких условиях формируется целесообразность разработки новых шихтовых материалов на первородной основе по своему составу, которые программируют химический состав полупродукта и улучшают технологический режим конвертерной плавки. Примером таких материалов являются металлизированные добавки соответствующего состава, различные виды окомкованных и прессованных брикетов с углеродсодержащими, шлакообразующими и легирующими наполнителями и многие другие.

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Технологические особенности кислородно-конвертерного процесса служат причиной к появлению и развитию методов внепечной обработки металла, таких как – раскисление, легирование и рафинирование стали, которые проводят в сталеразливочном ковше.

Таким образом, основными тенденциями в развитии процессов внепечной обработки металла в мире являются: применение агрегатов «печь-ковш» (АКП), вакуумирование жидкой стали и агрегатов комплексной обработки стали (АКОС).

Географическому положению цеха присуще как плюсы, так и минусы. К плюсам можно отнести наличие на Южном Урале месторождений железных руд, известковых флюсов. В нашем регионе значатся крупные предприятия, которые осуществляют производство чугуна – основного источника железа в конвертерном производстве. Так же, значатся крупные производители ферросплавов, необходимых для производства сталей в качестве раскислителей и легирующих добавок.

Большое количество рек предоставляет возможность строительства ГЭС, которые осуществят питание цеха электроэнергией. Электроэнергия требуется для работы агрегатов внепечной обработки стали и машины непрерывного литья заготовок.

Южный Урал является крупным промышленным регионом, в силу чего в нем развита железнодорожная инфраструктура, которая предоставляет возможность распространять продукцию на территорию всей страны и ближнего зарубежья. Но есть и минусы - удаленность Южного Урала от крупных и богатых центральных регионов, из-за чего, растут затраты на транспортировку продукции, что приводит к росту себестоимости продукции.

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 2. Описание кислородно-конвертерного цеха

Кислородно - конвертерный цех представляет собой совокупность отделений, которые обеспечивают проведение периодических технологических операций по выплавке стали в конвертерах, а также ее разливке.

Обычно кислородно-конвертерный цех состоит из трех отделений: шихтовое, разливочное и конвертерное. Шихтовое отделение делится на 3 отделения, таких как: отделение магнитных материалов, отделение немагнитных материалов, миксерное отделение

Основной энергетический элемент кислородно - конвертерного цеха – газоотводящий тракт, включающий в себя охладитель конвертерных газов, газоочистку и нагнетательную установку.

В кислородно-конвертерных цехах используются основное, а также вспомогательное оборудование. Чтобы организовать транспортировку, подачу и загрузку требуемого сырья, материала применяют вспомогательное оборудование, а именно чугуновозы, миксерные ковши и другое. К основным операциям относятся:

- 1) транспортировка, загрузка жидкого чугуна;
- 2) подача и загрузка лома в конвертер;
- 3) подача и загрузка шлакообразующих материалов (сыпучих и порошкообразных)
- 4) подача и загрузка ферросплавов;
- 5) прием, транспортировка и разливка жидкой стали;
- 6) прием, транспортировка шлака;
- 7) транспортировка из цеха стальных слитков или заготовок непрерывной разливки;
- 8) транспортировка конвертеров и ковшей к месту ремонт.

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Лом подают в отделение магнитных материалов с помощью железнодорожного транспорта, а затем выгружают в бункера с помощью магнитных кранов. Чтобы цех работал непрерывно, в бункерах обеспечиваю суточный запас лома, он может быть большим в зависимости от местонахождения завода. В зимнее время года запас лома заметно увеличивается.

Лом на каждую плавку из приемных бункеров загружают с помощью магнитных кранов в совки. Основываясь на приведенных в квалификационной работе расчетах оборудования, принимаем число совков равное 14 шт. Объем совков для загрузки лома на основании результатов расчета принимаем 30 м<sup>3</sup>. После чего совки необходимо взвешивать, затем устанавливают на скраповоз и транспортируют на рабочую площадку. Полагается использовать два скраповоза (1 скраповоз - в работе, 2 скраповоз - в ремонте), данное количество доказывается и расчетом оборудования.

Используются краны для перемещения совков грузоподъемность которых до 200 тонн. Куски лома не должны превышать размеры: 1500 x 50 x 500 мм.

Из доменного цеха жидкий чугун транспортируется с помощью ковшей миксерного типа (чтобы улучшить условия труда возводят отдельные здания миксерных отделений, из них для доставки ковшей с чугуном в загрузочном пролете предусматривают 2 рельсовых пути). В торце загрузочного пролета располагают переливное отделение, в пристраиваемом к нему пролете, а иногда и в отдельном здании. Зависимо от плана завода пути миксерных ковшей в переливных отделениях могут находиться вдоль загрузочного пролета, в поперечном направлении. Чугун как правило поставляют в загрузочный пролет в один из торцов, тем самым обеспечивая стабильную работу цеха. Иногда применяют двустороннюю подачу чугуна, но она усложняет другие задачи. Пути транспортировки миксерных ковшей находятся на нулевой отметке цеха. И лишь в отдельных случаях, учитывая местные условия, допустимо сооружение дорогостоящих эстакад. Для перемещения ковшей с жидким чугуном по конвертерному используют

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

чугуновозы. Для данного цеха число чугуновозов принимается двум. Железнодорожный состав с ковшами в конвертерном отделении останавливают напротив соответствующего ему конвертера. Для загрузки жидкого чугуна в конвертер используют мостовой кран. Следует заметить, что, как правило, грузоподъемность крана, как и емкость заливочного ковша выбирают таким образом, чтобы обеспечить заливку одним только ковшом.

Прежде, чем залить чугун в конвертер необходимо скачать шлак из заливочного ковша, который попадает из миксера или миксерного ковша, так как данный шлак зачастую содержит много серы. Зачастую скачивание шлака производят машиной гребкового типа из ковшей в торце загрузочного пролета, удерживаемых и наклоняемых заливочным краном. Применяя такой способ, не весь шлак удаляется и задерживается кран и из-за этого разрабатываются новые оборудование, а также способы для выполнения этой операции.

С помощью саморазгружающихся вагонов, сыпучие материалы загружают в отделение немагнитных материалов, затем разгружают в приемные бункера и на передвижные конвейеры, благодаря которым материалы попадают в приемные бункера.

В настоящее время современные системы подачи материалов очень сложны. Поэтому в качестве примера на рисунке 1 приведена полная схема подачи ферросплавов и сыпучих материалов.

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

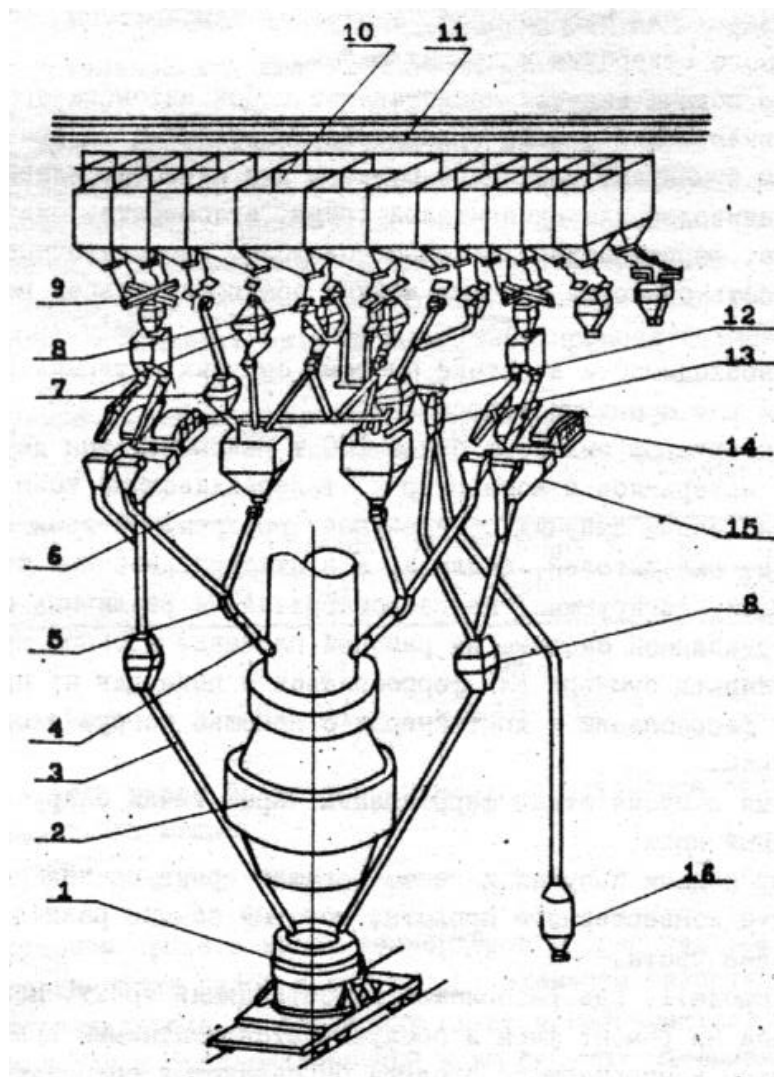


Рисунок 1 - Система загрузки сыпучих материалов в конвертер и ферросплавов в сталеразливочный ковш:

1 -сталеразливочный ковш; 2 –конвертер; 3,4 –загрузочные точки; 5 –воронки с отсечным устройством; 6 –промежуточные бункера; 7 –весы-дозаторы; 8 – грохот вибрационный; 9 –питатель вибрационный; 10 –расходные бункера; 11 –ленточные конвейеры; 12 –виброконвейер отсева мелочи; 13 –бункер для отсева мелочи; 14 –печи для прокалки ферросплавов; 15 –воронка; 16 – емкость для отсева мелочи.

Существует три группы для механизмов взвешивания, загрузки материалов, дозирования в конвертер, которые оснащены автоматическим управлением:

-механизмы, с помощью которых обеспечивается транспортировка и подача сыпучих материалов в бункера;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР

Лист

11

-механизмы, с помощью которых обеспечивается взвешивание и транспортировка сыпучих материалов из расходного бункера в промежуточный;

-механизмы, с помощью которых обеспечивается загрузка сыпучих материалов из промежуточного бункера в конвертер.

Подачу сыпучих материалов и ферросплавов из определенного отделения в расходные бункера, производят по одному общему конвейерному узлу. А в конвейеры, которые расположены над бункерами загружают сыпучие материалы и ферросплавы. Под бункерами располагаются грохоты, которые служат для осева мелких фракций извести (10-0 мм), а так же для загрузки весовых дозаторов. Грохоты, которые установлены под бункерами ферросплавов и других компонентов, работают без отсева. Весовые дозаторы выполняют с приемными воронками, в которые вставлены носки электровибропитателей, чтобы увеличить точность дозирования. Места ввода носков при этом защищены кожухами, в воронках которых в свою очередь установлены воздухоборники с жалюзи и отсасывающими патрубками, которые соединены с системой очистки их бункерами-осадителями.

Около оснований весовых дозаторов установлены трубчатые приемники и под ними расположен промежуточный бункер с затвором. В свою очередь, под затвором находятся течи, опущенные в патрубки, которые соединены с газоотводящим трактом конвертера. Весовые дозаторы ферросплавов расположены и в системе тракта сыпучих материалов, а также установлена тележка для передачи ферросплавов и к электропечам.

А под весовыми дозаторами находятся двухрукавные течи, под которыми - печи для прокаливания ферросплавов. Между двухрукавными течками и печами расположены качающиеся течи, которые обеспечивают загрузку ферросплавов или в печи для прокаливания, или прямо в воронки, в весовые дозаторы, а далее по тече в ковш. Прокаленные ферросплавы при выдаче из печей поступают в воронки и затем аналогично ссыпаются в ковш.

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В конце плавки сталь из конвертера выливают в сталеразливочный ковш, установленный на сталевоз (рис.2). Он перевозит ковш со сталью в разливочное отделение, как правило, примыкающее к конвертерному отделению. Ниже рассмотрим конструкцию сталевоза на рисунке:

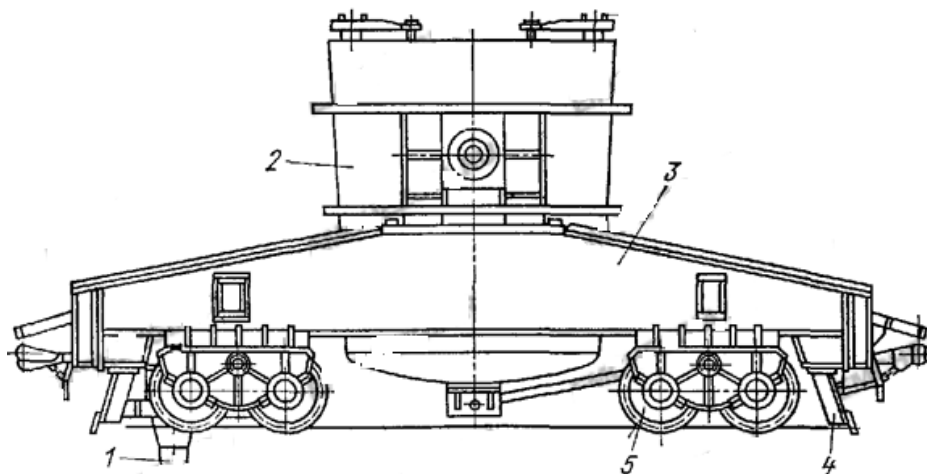


Рисунок 2 - Схема сталевоза:

1-держатель токосъемников; 2-ковш; 3-тележка; 4-скребок; 5-ходовое колесо.

Сталевоз состоит из самоходной платформы, которая в свою очередь имеет два механизма передвижения с электродвигателями постоянного тока, за счет чего и происходит движение сталевоза.. Ток подводят через токосъемник от троллей, уложенных в специальном тоннеле, расположенном вдоль рельсового пути.

Грузоподъемность сталевозов для 280—530-т ковшей составляет 400 и 450 т, ширина колеи 4800 мм.

Как известно вторым продуктом плавки является шлак, с которым, также нужно провести несколько операций. В существующих отечественных, а также зарубежных цехах применяется множество различных методов вывоза шлака из цеха:

- через загрузочный или разливочный пролеты, где шлаковые ковши от конвертеров доставляют по поперечным рельсовым путям на тележках и после этого их краном устанавливают на автошлаковозы или на продольные

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР

Лист

13

рельсовые пути для вывоза из цеха, или сливают шлак в ямы вывозят из цеха после застывания;

- автошлаковозами, в которых имеются механизмы для снятия шлаковых ковшей с поперечных тележек, вывозящих ковши из под конвертеров;
- несамоходными шлаковозами по поперечным путям железнодорожной колеи с выездом за пределами цеха на внешние железнодорожные пути;
- через шлаковый пролет, где шлаковые ковши транспортируют от конвертеров самоходными шлаковозами по ширококолейным поперечным путям и где ковши переставляют на продольные пути вывоза из цеха;
- самоходными шлаковозами по ширококолейным поперечным путям от конвертеров непосредственно в расположенное рядом шлаковое отделение.

Из перечисленных способов в отечественных цехах первый способ не применяют из-за усложнения работ в загрузочном и разливочном пролетах и из-за нарушения санитарных условий при сливе шлака в ямы. Второй способ — из-за отсутствия производства автошлаковозов. В самых первых отечественных цехах ковши со шлаком вывозили по железнодорожным путям, которые размещались под конвертером внутри путей сталево­за. И из-за этого не возможно было осуществить уборку шихтовых материалов и выбросов металла и шлака с железнодорожных путей.

Потом стали использовать шлаковозы с широкой колеей (4800 мм), как и у сталево­за, что дало возможность перемещаться шлаковозу по тем же путям, что и сталево­з. Это позволило механизировать уборку мусора, благодаря корытообразному желобу вдоль всего пути глубиной 0,6 м, с помощью скрепка, установленного на сталево­зе или шлаковозе, который, перемещаясь собирает мусор и перемещает его в контейнер, устанавливаемый под рельсовыми путями.

Из вышеперечисленных способов уборки ширококолейными шлаковозами, следует что шлаковое отделение должно быть расположено близко к цеху. При этом не требуется шлаковый пролет в цехе, улучшаются условия труда в нем, не требуется межцеховая транспортировка шлаковозов.

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Шлаковозы предназначены для транспортировки жидкого шлака на шлаковый отвал или грануляционные установки.

В современных печах применение ковшей ограничено, в связи с применением гранулирующих устройств около литейных дворов.

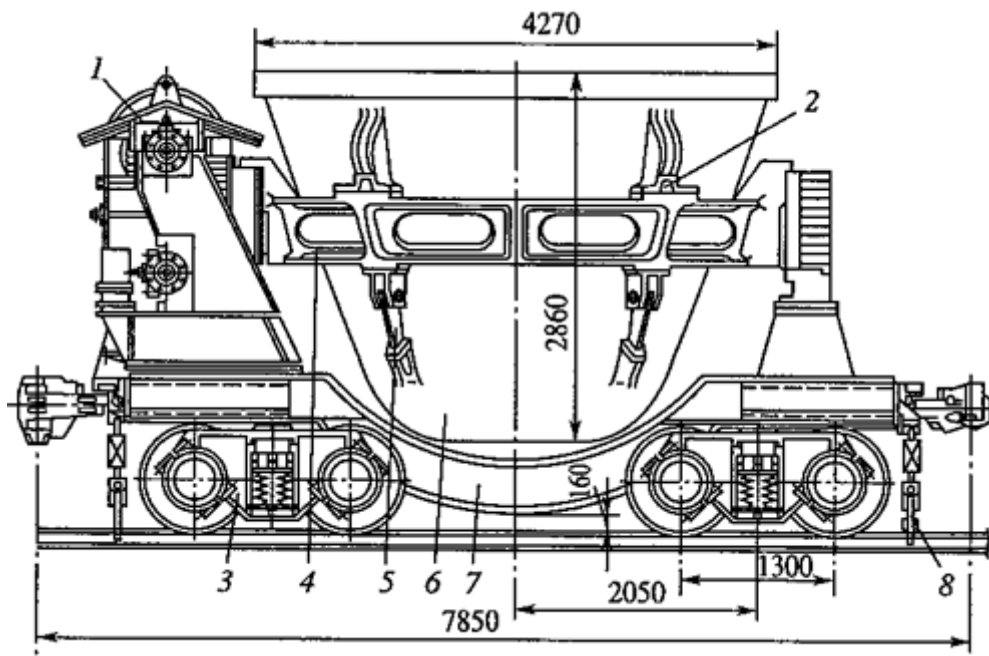


Рисунок 3 - Схема шлаковоза

Современные шлаковозы отличаются объемом чаши, механизмами для опрокидывания и другими деталями.

Самый распространенный тип шлаковоза ДЗМО, состоящий из ковша (чаши) 6, опорного кольца 4, рамы 7, ходовых тележек 3 и механизма опрокидывания 7. Чаши эллиптической формы (стальные, не футерованные) лапами 2 опираются на кольцо. Для точной фиксации чаши на лапах имеются впадины, а на опорном кольце — выступы. Во время опрокидывания чаши во время слива шлака она удерживается в опорном кольце упорами 5, шарнирно закрепленными в опорном кольце и входящими в пазы приливов ковша. Во время кантовки рама ковша закрепляется за рельсовый путь клещевыми захватами 8. Опорное кольцо тоже стальное, литое с проемами для лучшего охлаждения чаши.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР

Лист

15

В заключении следует отметить, что современные кислородно – конвертерные цехи обладают огромной производительностью, а следовательно организация бесперебойной работы цеха представляет большую сложность. Для непрерывного действия цеха необходимо обеспечить точную работу каждого участка или узла; при этом выполнение каждой операции осуществляется надежной работой сложного оборудования.

Цех в сутки выдает более 70 плавов при нормальной работе двух конвертеров и ковш должен быть подготовлен к каждой плавке, причем через каждые 2 ч должно быть готово пять-шесть ковшей. Не меньше организационных сложностей при выполнении ремонтных работ, подготовки и шихтовых материалов, подаче и заливки жидкого чугуна и т. д.

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



### 3. Расчет основного и вспомогательного оборудования кислородно-конвертерного цеха

#### 1. Определение числа и вместимости конвертеров.

Считается рациональным строительство цехов с тремя конвертерами, один из которых является «подменным», т.е. находится в ремонте или в резерве. Постоянно работают два конвертера.

##### 1.1. Производительность конвертера

$$P_k = \frac{P_{\text{ц}}}{n}, \text{ где}$$

$P_k$  – производительность конвертера, тыс. т. годных НЛЗ в год;

– производительность цеха, 3000 тыс. т. годных НЛЗ в год;

$n$  – число конвертеров.

$$P_k = \frac{3000}{2} = 1500 \text{ тыс. т/год (годных НЛЗ)}$$

##### 1.2. Производительность конвертера по жидкой стали

$$P_k^{\text{ж}} = \frac{P}{0,96} = 1,04P, \text{ где}$$

0,96 – выход годных НЛЗ;

$P_k^{\text{ж}}$  – производительность конвертера по жидкой стали.

$$P_k^{\text{ж}} = 1,04 \cdot 1500 = 1560 \text{ тыс. т/год (жидкой стали).}$$

##### 1.3. Производительность цеха по жидкой стали

$P_{\text{ц}}^{\text{ж}}$  – производительность цеха по жидкой стали.

$$P_{\text{ц}}^{\text{ж}} = 1,04 \cdot 3000 = 3120 \text{ тыс. т/год (жидкой стали).}$$

##### 1.4. Определение необходимой вместимости конвертера

$$P_k^{\text{ж}} = \frac{T \cdot 1440 \cdot n_p}{\tau_{\text{пл}}}, \text{ где}$$

$T$  – вместимость конвертера (по массе жидкой стали), т.;

1440 – число минут в сутках, мин/сут;

$n_p = 365 \text{ сут/г}$  - число рабочих суток в году;

$\tau_{\text{пл}} = 40 \text{ мин.}$  – длительность плавки (по НТП для конвертера 120т.)

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$T = \frac{P_K^{\text{ж}} \cdot \tau_{\text{пл}}}{1440 \cdot n_p} = \frac{1560 \cdot 40}{1440 \cdot 365} \cdot 10^3 = 118,72 \text{ т.}$$

В соответствии с типовым рядом вместимостей конвертеров (по ГОСТ) принимаем вместимость конвертера 130 т.

#### 1.5. Суточная производительность конвертера по жидкой стали

$$P_{\text{сут}}^{\text{ж}} = \frac{P_K^{\text{ж}}}{n_p} = \frac{1560000}{365} = 4274 \text{ т/сут.}$$

#### 1.6. Количество плавов в сутки (один конвертер)

$$A_K = \frac{P_{\text{сут}}^{\text{ж}}}{T} = \frac{4274}{130} = 33 \text{ пл/сут.}$$

#### 1.7. Продолжительность плавки

$$\tau_{\text{пл}} = \frac{1440}{A_K} = \frac{1440}{33} = 44 \text{ мин.}$$

#### 1.8. Суточная производительность цеха (по жидкой стали)

$$P_{\text{ц.сут}}^{\text{ж}} = 2P_{\text{сут}}^{\text{ж}} = 2 \cdot 4274 = 8548 \text{ т/сут.}$$

#### 1.9. Количество плавов в сутки в цехе

$$A_{\text{ц}} = A_K \cdot n = 33 \cdot 2 = 66 \text{ пл/сут}$$

#### 1.10. Расход чугуна на плавку

$$P_{\text{ч}} = 1,15 \cdot 0,96 \cdot 0,76 \cdot T = 0,84T, \text{ где}$$

1,15 – расход металлошихты, т/т годных НЛЗ;

0,96 – выход годных НЛЗ;

0,76 – доля чугуна в шихте.

$$P_{\text{ч}} = 0,84 \cdot 130 = 110 \text{ т/пл.}$$

#### 1.11. Расход лома на плавку

$$P_{\text{л}} = 1,15 \cdot 0,96 \cdot 0,24 \cdot T = 0,265T, \text{ где } 0,24 \text{ – доля лома в шихте.}$$

$$P_{\text{л}} = 0,265 \cdot 130 = 34,5 \text{ т/пл.}$$

#### 1.12. Суточная потребность цеха в ломе

$$P_{\text{л}}^{\text{сут}} = P_{\text{л}} \cdot A_{\text{ц}} = 34,5 \cdot 66 = 2277 \text{ т/сут.}$$

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

### 1.13. Суточная потребность цеха в чугуне

$$P_q^{СУТ} = P_q \cdot A_{Ц} = 100,8 \cdot 72 = 7257,6 \text{ т/сут}$$

## 2. Расчет основного и вспомогательного оборудования.

### 2.1. Определение числа и вместимости миксерных ковшей

$$n = n_{ОБ} + n_{РЕЗ} + n_{РЕМ} \text{ шт.},$$

ГДЕ  $n_{ОБ}, n_{РЕЗ}, n_{РЕМ}$  – число миксерных ковшей, находящихся в обороте, в резерве и ремонте.

$$n_{ОБ} = \frac{P_q^{СУТ} \cdot \tau_{ОБ} \cdot K}{24 \cdot P \cdot b}, \text{ где } \tau_{ОБ} = 4 \text{ – длительность цикла оборота ковша, час.};$$

$K = 1,25$  – коэффициент неравномерности выпусков чугуна;

$P = 420$  т. номинальная вместимость ковша;

$b = 0,9$  – коэффициент заполнения ковша чугуном (миксерного).

$$n_{ОБ} = \frac{7257,6 \cdot 4 \cdot 1,25}{24 \cdot 420 \cdot 0,9} = 4 \text{ шт. Принимаем } n_{ОБ} = 4 + (n_{РЕЗ} + n_{РЕМ}) = 6 \text{ шт.}$$

### 2.2. Определение числа чугуновозов

Число чугуновозов:

$$n_{ОБ} = \frac{A_{Ц} \cdot \Sigma}{1440} \text{ шт.}, \text{ где}$$

$\Sigma = 15...18$  – задолженность чугуновоза на одну плавку, мин/пл

$$n_{ОБ} = \frac{72 \cdot 16}{1440} = 0,8 \text{ шт.}$$

Принимаем  $n = 2$ , 1 рабочий и 1 в запасе.

### 2.3. Число заливочных ковшей

$$n_K = 1,2...1,3 \cdot (n_{ОБ} + n_{СР}) \text{ шт.}, \text{ где}$$

1,2...1,3 – коэффициент запаса, принимаем 1,25;

$n_{ОБ}, n_{СР}$  – соответственно число ковшей, находящихся в обороте и в среднем ремонте, шт.

Число ковшей в обороте:

$$n_{ОБ} = \frac{A_{Ц} \cdot \tau_{ОБ}}{24}, \text{ где}$$

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$\tau_{OB} = 1,0 \dots 1,7$  ч/пл – длительность цикла оборота ковша, принимаем  $\tau_{OB} = 1,3$

$$n_{OB} = \frac{72 \cdot 1,3}{24} = 3,9 \text{ шт.}, \text{ принимаем } n_{OB} = 4 \text{ шт.}$$

Число ковшей, находящихся в среднем ремонте:

$$n_{CP} = \frac{n_{OB} \cdot \tau_{CP}}{m \cdot \tau_{OB}} \text{ шт.}, \text{ где}$$

$\tau_{CP} = 40$  ч. – длительность среднего ремонта;

$m = 50$  – стойкость рабочего слоя между ремонтами, пл.

$$n_{CP} = \frac{n_{OB} \cdot \tau_{CP}}{m \cdot \tau_{OB}} = \frac{4 \cdot 40}{50 \cdot 1,3} = 3 \text{ шт.}$$

Число заливочных ковшей:

$$n_K = 1,25 \cdot (4 + 3) = 9 \text{ шт.}$$

#### 2.4. Определение числа заливочных кранов загрузочного пролета

$$n = \frac{A_{Ц} \cdot \Sigma \cdot K}{1440 \cdot b}, \text{ где}$$

$\Sigma = 10$  – задолженность крана на одну плавку (на заливку одного ковша), мин/пл.;

$K = 1,1$  – коэффициент, учитывающий выполнение вспомогательных работ;

$b = 0,8$  – коэффициент использования крана.

$$n = \frac{72 \cdot 10 \cdot 1,1}{1440 \cdot 0,8} = 0,68 \text{ шт.}$$

Принимаем  $n = 2$  крана

$$\text{Загруженность крана } b = \frac{72 \cdot 10 \cdot 1,1}{1440 \cdot 2} = 0,275$$

#### 2.5. Объем и число совков для лома

В случае загрузки лома одним совком его объем

$$V_C = \frac{P_L}{0,9}, \text{ м}^3, \text{ где}$$

$P_L$  – расход лома на плавку.

$$V_C = \frac{34,5}{0,9} = 38,3 \text{ м}^3$$

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Принимаем  $V_C = 40 \text{ м}^3$

$$n_C = \frac{K \cdot A_{Ц} \cdot \tau_{ОБ}}{24}, \text{ где}$$

– длительность цикла оборота совка, ч. (принимаем  $\tau_{ОБ} = 3,5 \text{ ч.}$ );

$K = 1,3$  – коэффициент запаса.

$$n_C = \frac{1,3 \cdot 72 \cdot 3,5}{24} = 13,65 = 14 \text{ шт.}$$

## 2.6. Число скраповозов

$$n = \frac{A_{Ц} \cdot \tau_{ОБ}}{1440} \text{ шт., где}$$

$\tau_{ОБ} = 20 \text{ мин}$  – продолжительность цикла оборота скраповоза;

$$n = \frac{72 \cdot 20}{1440} = 1 \text{ шт.}$$

Принимаем  $n = 2$  скраповоза: 1 рабочий и 1 резервный.

## 2.7. Число мостовых кранов для загрузки лома

$$n = \frac{A_{Ц} \cdot \Sigma \cdot K}{1440 \cdot b}, \text{ где}$$

$\Sigma = 15 \text{ мин.}$  – задолженность крана на одну плавку (на загрузку лома совками);

$K = 1,1$  – коэффициент вспомогательных работ;

$b = 0,8$  – коэффициент использования машины.

$$n = \frac{72 \cdot 15 \cdot 1,1}{1440 \cdot 0,8} = 1 \text{ шт.}$$

Для загрузки лома принимаем 2 крана грузоподъемностью 2·130т.

$$\text{Загруженность крана: } b = \frac{72 \cdot 15 \cdot 1,1}{1440 \cdot 2} = 0,41$$

## 2.8. Число сталеразливочных ковшей

$$n_K = 1,2 \cdot (n_{ОБ} + n_{СР} + n_{КР}), \text{ где}$$

1,2 – коэффициент запаса;

$n_{ОБ}, n_{СР}$  – соответственно число ковшей, находящихся в обороте и в среднем ремонте, шт.

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$n_{KP}$  – число ковшей, находящихся в капитальном ремонте, шт.

Продолжительность капитального ремонта составляет 25-50 ч, кампании до капитального ремонта ковша 6-12 месяцев, т.е. во много раз больше. Поэтому величина  $n_{KP}$  получается очень малой и ее можно не учитывать.

Число ковшей в обороте:

$$n_{OB} = \frac{A_{Ц} \cdot \tau_{OB}}{24}, \text{ где}$$

$\tau_{OB} = 8 \text{ ч/пл}$  – длительность цикла оборота ковша;

$$n_{OB} = \frac{72 \cdot 8}{24} = 24 \text{ шт.}$$

Число ковшей, находящихся в среднем ремонте:

$$n_{CP} = \frac{n_{OB} \cdot \tau_{CP}}{m \cdot \tau_{OB}}, \text{ где}$$

$\tau_{CP} = 30 \text{ ч.}$  – длительность среднего ремонта;

$m = 50$  – стойкость рабочего слоя между ремонтами, пл.

$$n_{CP} = \frac{n_{OB} \cdot \tau_{CP}}{m \cdot \tau_{OB}} = \frac{24 \cdot 30}{50 \cdot 8} = 2 \text{ шт.}$$

Число сталеразливочных ковшей:

$$n_K = 1,2 \cdot (24 + 2 + 0) = 32 \text{ шт.}$$

## 2.9. Число кранов ковшевого (распределительного) пролета

$$n = \frac{(n_K \cdot n_{ПП} + n_P \cdot n_{ПР}) \cdot \tau_{П} \cdot K}{1440 \cdot b}, \text{ где}$$

$n_K$  – число сталеразливочных ковшей, шт.,

$n_{ПР}$  – число перестановок на один ковш,

$\tau_{П} = 4 \text{ мин.}$  – длительность одной перестановки,

$b = 0,8$  – коэффициент использования крана,

$K = 1,2$  – коэффициент, учитывающий затрату кранового времени на выполнение вспомогательных работ.

$$n = \frac{(32 \cdot 6 + 2 \cdot 7) \cdot 4 \cdot 1,2}{1440 \cdot 0,8} = 0,85 \text{ шт.}$$

Принимаем 2 крана с учетом запасного,

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

задолженность крана:

$$b = \frac{(32 \cdot 6 + 2 \cdot 7) \cdot 4 \cdot 1,2}{1440 \cdot 2} = 0,34$$

### 2.10. Число шлаковых ковшей

$$n_{\text{шк}} = 2 \cdot 3 + 3 = 9 \text{ шт.}$$

Объем ковша

$$V_K = \frac{T \cdot a_{\text{ш}}}{n \cdot q}, \text{ м}^3$$

$$V_K = \frac{130 \cdot 0,17}{1 \cdot 2,3} = 9,6, \text{ м}^3 \text{ Принимаем } V_K = 10, \text{ м}^3 \text{ } n_{\text{шк}} = 10$$

### 2.11. Число сталевозов

$$n_{\text{ст}} = 1 \cdot 3 = 3 \text{ шт.}$$

### 2.12. Число шлаковозов

$$n_{\text{шк}} = 1 \cdot 3 = 3 \text{ шт.}$$

### 2.13. Число бункеров для хранения сыпучих материалов и ферросплавов

Вместимость бункеров для хранения сыпучих материалов ( $V_B, \text{ м}^3$ ) определяется суточной производительностью цеха ( $\Pi_{\text{ц}}^{\text{сут.ж}}$ , т/с), насыпной плотностью шихтовых материалов ( $g, \text{ т/м}^3$ ) и их нормативными запасами ( $K_3, \text{ сут.}$ ).

$$\Sigma \cdot V_B = \frac{Q_C \cdot K_3}{g \cdot h}, \text{ где}$$

$h = 0,8$  – коэффициент заполнения бункера для сыпучих материалов;

$Q_C = \Pi_{\text{ц}}^{\text{сут.ж}} \cdot f$  – суточный расход материалов, т/сут.;

$f$  – расходные коэффициенты материалов на тонну стали, кг/т;

$Q_C \cdot K_3$  – необходимая масса материалов в бункерах, т.

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 2. Расчет числа бункеров для сыпучих материалов и ферросплавов

Материал	f, кг/т	Q <sub>с</sub> , т/сут	К <sub>з</sub> , сут	Q <sub>с</sub> · К <sub>з</sub> , т	g, т/м <sup>3</sup>	V <sub>м</sub> , м <sup>3</sup>	∑V <sub>б</sub> , м <sup>3</sup>	V <sub>б</sub> , м <sup>3</sup>	n <sub>б</sub> , шт
ФС75	5,0	65,8	2	137	1.5	91,3	114,1	15	8
ФМн75	8,0	85,6	2	171,2	3.0	57,1	71,4	15	5
ФВд40У1	24.0	1027,4	2	513,7	0.8	642,1	802,6	75	11
Пл. шпат	4.0	68,5	2	137	1.7	80,6	100,8	15	7
Кокс	6.0	102,7	2	205,4	0.5	410,6	513,5	75	7
Известь	33,0	513,7	2	1027,4	2.7	380,5	475,6	75	7

Здесь:

$$V_M = \frac{Q_c \cdot K_z}{g} - \text{объем материала в бункерах, м}^3;$$

$$\sum V_B = \frac{V_M}{h} - \text{суммарный объем бункеров, м}^3;$$

V<sub>Б</sub> – вместимость (объем) бункера, м<sup>3</sup>;

$$n_B = \frac{\sum V_B}{V_B} - \text{число бункеров, шт.}$$

#### 2.14. Количество АКOC

$$n_{\text{АКОС}} = \frac{\Pi_{\text{Ц}}^{\text{Ж}}}{\Pi_{\text{АКОС}}}$$

$$\Pi_{\text{АКОС}}^{\text{Ж}} = \frac{T \cdot 1440 \cdot n_p}{\tau_{\text{обр}}}, \text{ т/ГОД}$$

T – вместимость печи (по массе жидкой стали);

n<sub>p</sub> = 350 сут. – число рабочих суток в году;

τ<sub>об</sub> = 55 мин. – продолжительность обработки на АКOC (для конвертера вместимостью 130 т.).

$$\Pi_{\text{АКОС}}^{\text{Ж}} = \frac{130 \cdot 1440 \cdot 350}{60} = 1092 \text{ тыс.т./ГОД}$$

$$n_{\text{АКОС}} = \frac{\Pi_{\text{Ц}}^{\text{Ж}}}{\Pi_{\text{АКОС}}} = \frac{3120}{1092} = 2,85 \text{ принимаем 3 АКOC.}$$

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24



### 3. Расчет МНЛЗ

Разливка стали производится на криволинейных двухручьевых МНЛЗ на заготовки сечением 300x360 мм., методом «плавка на плавку».

#### 3.1. Длительность разливки одной плавки

$$\tau_M = \frac{T}{N \cdot F \cdot v \cdot \rho} \text{ мин., где}$$

$N = 2$  – число ручьев МНЛЗ;

$F$  – площадь поперечного сечения заготовки, м<sup>2</sup>;

$v$  – линейная скорость разливки (для заготовки сечением 300x360 мм<sup>2</sup>

$v = 1$  м/мин);

$\rho$  – плотность жидкой стали (для спокойной стали  $\rho = 7,8$  т/м<sup>3</sup>)

$$\tau_M = \frac{130}{3 \cdot 0,1 \cdot 1 \cdot 7,8} = 55,5 \text{ мин.}$$

#### 3.2. Годовая производительность одной МНЛЗ

$$P_{\text{МНЛЗ}} = \frac{T \cdot 1440 \cdot m}{m \cdot \tau_M + \tau_{\text{П}}} \cdot a \cdot n_p, \text{ где}$$

$m = 10$  – число плавов, разливаемых без перерыва;

$a = 0,96$  – выход готовых заготовок;

$n_p = 320$  – число рабочих суток;

$\tau_{\text{П}}$  – пауза между серией плавов, мин.

$\tau_{\text{П}} = \tau_{\text{подг}} + \tau_{\text{доп}} = 160 + 15 = 175$  мин. (для слябовых МНЛЗ)

$$P_{\text{МНЛЗ}} = \frac{130 \cdot 1440 \cdot 10}{10 \cdot 55,5 + 175} \cdot 0,96 \cdot 320 = 788 \text{ тыс. т/год}$$

#### 3.3. Необходимое число МНЛЗ

$$n_{\text{МНЛЗ}} = \frac{P_{\text{ц}}}{P_{\text{МНЛЗ}}} = \frac{3000}{788} = 3,8$$

Принимаем число МНЛЗ, равным 4.

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

#### 4. Технологическая схема и технология производства сплава

Эксплуатация кислородноконвертерного цеха проходит в составе трех конвертеров, один из них находится в ремонте в настоящее время. В состав ККЦ входят конвертерное, миксерное и отделение газоотпуска, отделение шихтовых и магнитных материалов, приемное устройство с узлом подачи сыпучих материалов, шлаковый двор

Технологическая схема и технология производства сплава

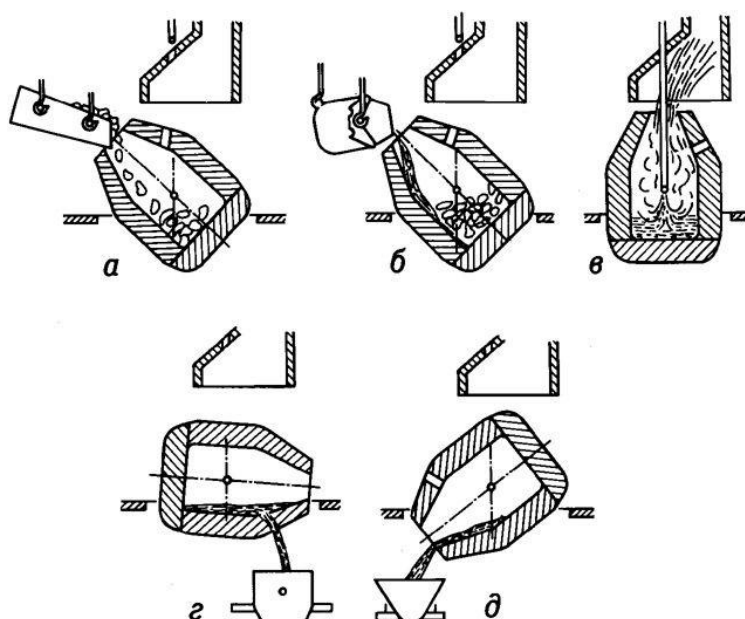


Рисунок 4 - Схема получения стали в кислородном конвертере: а — загрузка металлолома; б — заливка чугуна, в - продувка: г — выпуск стали: д — слив шлака

В качестве шихтовых материалов для выплавки стали используются жидкий чугун и металлолом. Жидкий чугун подается из доменного цеха в предварительно очищенных чугуновозных ковшах с минимальным количеством шлака. Чугун переливают в миксеры или в заливочный ковш, только после получения результатов химического анализа проб, взятых на выпуске чугуна из доменной печи. В цех чугун подается со следующим химическим составом: 0.4-0.8% Si; 0.5-0.7% Mn; S не более 0.03%; P не более 0.28%. Запрещается возвращать доменному цеху ковши с остатком чугуна, поэтому чугун из ковшей должен выливаться полностью.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР

Лист

26

Чугун подается путем прямого перелива из доменного ковша в заливочный ковш или через миксеры. При работе через миксеры, необходимо обеспечить наполненность каждого миксера не менее, чем 600 т. А при ремонте одного из миксеров, ограничение понижается до 500 т. При работе двух миксеров их наполнение осуществляют поочередно, для того чтобы один из них подавал чугун, а другой наполнялся до полного заполнения. Взвешивание наливаемого чугуна производится с использованием локальной АСУ. При сливе чугуна из миксера отбирают пробу из носка миксера после наполнения чугуном 1/2 ковша и немедленно отправляют ее пневмопочтой в лабораторию. Температура чугуна замеряется в ковше термоблоком и должна составлять минимум 1320°С. Металлолом, используемый в конвертерной плавке, должен обладать размерами, обеспечивающие свободную загрузку в конвертер. Привозной лом, пакеты, блюминговая обрезь хранятся на шихтовом дворе отдельно в специально отведенных местах. Запрещается использовать в шихту металлолом, содержащий в себе масло, горюче – смазочные материалы (они содержат в себе много серы и фосфора), резину, примеси цветных металлов, взрывоопасные и легко воспламеняющиеся материалы, а также снега, воды, льда. Весь металлолом, который подается в конвертеры, взвешивается. Лом транспортируется в совках, загружаемых в копровом цехе или на шихтовом дворе конвертерного цеха. Дозировка до нужного веса производится на шихтовом дворе блюминговой обрезью и недоливками. На шихтовом дворе в совки сначала загружаются пакеты и легковесный металлолом, а затем до заданного веса загружаются обрезь и недоливки. Недоливки загружаются ближе к торцевой стенке совка. Для наводки шлака применяется свежееобожженная известь, вместо нее допускается использование твердого конвертерного шлака. Для разжижения шлака в процессе продувки применяется концентрат плавикошпатовый и огарки угольной футеровки алюминиевых электролизеров. Температурный режим регулируется коксом, антрацитом, сырым доломитом. Раскисление и легирование производится в ковше при выпуске плавок из конвертера такими

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

материалами, как: ферромарганцем, ферросилицием, марганцевой лигатурой, силикомарганцем, феррохромом, ферротитаном, ферробромом, феррованадием, алюминием, силикокальцием. Все раскислители и легирующие материалы должны удовлетворять требованиям соответствующих ГОСТов и ТУ, применяться дробленными в кусках не более 50 мм.

Плавка стали в кислородном конвертере после его осмотра начинается с завалки лома и части извести. Для этого конвертер наклоняют в сторону загрузочного пролета. Для сокращения разрушения футеровки, необходимо сначала подавать легковесный лом, а затем. На лом загружают часть извести – 30...60%. Для того, что бы лом равномерно распределился в конвертере, конвертер наклоняют в противоположную сторону до или после заливки чугуна. Чугун заливают по возможности быстро в конвертер, наклоненный в сторону загрузочного пролета. После заливки чугуна, конвертер возвращают в вертикальное положение, опускают фурму и начинают продувку.

При продувке давление кислорода перед соплами должно быть 1,1...1,3 МПа, что достигается при давлении его в кислородопроводе  $\geq 1,6...1,8$  МПа. По ходу продувки положение среза фурмы над уровнем спокойной ванны меняется. В начале продувки срез фурмы располагается высоко – на отметке 2...3,5 м над уровнем спокойной ванны в конвертерах емкостью соответственно 1000...350 т. Это обеспечивает быстрое формирование шлака из-за стремительного повышения содержания в нем оксидов железа. Через 2...4 мин от начала продувки происходит устойчивое «зажигание», как называют начало интенсивного окисления углерода. Оно сопровождается появлением над горловиной конвертера большого яркого факела в результате догорания образующегося в ванне монооксида углерода. Момент зажигания плавки определяют по показаниям газоанализатора, когда содержание кислорода в отходящем газе снижается до уровня менее 12%.

Фурма опускается до рабочего положения. Ее срез при этом находится на расстоянии 0,8...2,0 м от уровня ванны в спокойном состоянии.

					<i>22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР</i>	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

По ходу первой половины продувки в ванну присаживают несколькими порциями, для предотвращения образования крупных конгломератов, оставшуюся часть извести, а в середине продувки – плавиковый шпат. При получении необходимых состава и температуры металла продувку прекращают.

Производство рельсовых сталей, и аналогичных им по составу кордовых имеет свои особенности. Наиболее сложной задачей при производстве этих марок стали является получение низкого содержания фосфора в металле при прекращении продувки на марочном содержании углерода.

В кислородных конвертерах верхнего и комбинированного дутья дефосфорация начинается с первых минут продувки. Однако, при содержании углерода около 0,6 – 0,9% содержание фосфора в металле стабилизируется или даже несколько увеличивается. Дальнейшее понижение концентрации фосфора наблюдается при значительно более низком содержании углерода. Поэтому при высоком содержании фосфора в чугуна и прекращении продувки на марочном содержании углерода концентрация фосфора в металле обычно выше требуемого содержания его в стали.

Для получения требуемого содержания фосфора в высокоуглеродистой стали, которую выплавляют с прекращением продувки на марочном содержании углерода, используют обновление шлака. При этом понижается производительность сталеплавильных агрегатов, увеличиваются расходы шлакообразующих и чугуна.

На разных заводах повалку конвертера для слива шлака проводят при содержании углерода 1,2 – 2,5%. При содержании фосфора в чугуна 0,20 – 0,30% шлак обновляют дважды при содержании углерода 2,5 – 3,0% и 1,3 – 1,5%. После скачивания шлака в конвертер присаживают свежееобожженую известь. Содержание FeO в шлаке поддерживают в пределах 12 – 18%, изменяя уровень фурмы над ванной. Для разжижения шлака по ходу продувки присаживают плавиковый шпат в количестве 5 – 10% от массы извести. Эти мероприятия позволяют к моменту окончания продувки до

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

марочного содержания углерода в стали получить концентрацию фосфора не более 0,010 – 0,020%.

Во время выпуска металл раскисляют в ковше ферросилицием и алюминием. При этом обязательной операцией является отсечка конвертерного шлака. Попадание его в ковш приводит к рефосфорации металла при раскислении и, особенно, при внепечной обработке под восстановительным шлаком для десульфурации.

Продувка металла в конвертере до низкого содержания углерода позволяет провести глубокую его дефосфорацию. В связи с этим некоторое распространение получила технология выплавки в кислородных конвертерах рельсовой и кордовой стали, которая предусматривает окисление углерода до 0,03 – 0,07% и последующее науглероживанием металла в ковше нефтяным коксом, антрацитом и др. Использование такой технологии требует наличия чистых по вредным примесям и газам карбюризаторов. Это вызывает необходимость в специальной их подготовке, организация которой может создавать значительные трудности.

На некоторых предприятиях используется технология производства рельсовой и кордовой стали в кислородных конвертерах путем выплавки низкоуглеродистого металла и последующего науглероживания его жидким чугуном, который заливают в сталеразливочный ковш перед выпуском плавки из конвертера. Ее использование предполагает наличие чугуна достаточно чистого по содержанию фосфора. Для получения содержания углерода в стали в требуемых пределах окончательное науглероживание раскисленного металла проводят твердыми карбюризаторами в процессе вакуумной обработки.

Для последующей внепечной обработки стали в ковше необходимо, по возможности, предупредить попадание в ковш окислительного конвертерного шлака. Для этого чаще всего применяют плавающий шар. Такой шар делается металлическим, со штырями на поверхности. Эти штыри

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

служат для закрепления наносимой на шар огнеупорной массы, которую после нанесения на шар обжигают. Шар, состоящий из металла и огнеупорной массы, имеет плотность, больше плотности шлака, но меньше плотности металла. Во время слива стали из конвертера шар вводят на поверхность жидкой ванны над сталевыпускным отверстием. Там он плавает на границе раздела шлак-металл, немного погружаясь в металл. При вытекании металла он перекрывает выпускное отверстие, отсекая шлак, который затем выливают отдельно в ковш, установленный на шлаковозе, который вывозят из цеха локомотивом по поперечным криволинейным путям. Так же сталеразливочный ковш подают в ОНРС для разливки стали на МНЛЗ, ковш устанавливают на двухпозиционный стенд, позволяющий быстро заменять ковши и производить разливку непрерывно "плавка на плавку". После МНЛЗ заготовки поступают по системе рольгангов в передаточный пролет, а затем в отделение складирования и ремонта литых заготовок.

При использовании внепечной обработки стали в ковше раскисление и легирование окисляемыми элементами обычно целесообразно производить во время или после такой обработки.

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 5. Материальный баланс плавки в конвертере

Материальный состав конвертерной плавки составляется с учетом всех вводимых компонентов металлической шихты и сыпучих материалов, кислорода, вдуваемого в металлическую ванну, а также продуктов плавки, которыми являются жидкая сталь, шлак и выделяемые из конвертера газы. Целью составления такого баланса является определение расхода шихтовых материалов: чугуна, лома, извести и технического кислорода. Он может быть записан следующим уравнением:

$$M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6 = M_7 + M_8 + M_9 + M_{10},$$

где  $M_1$  - расход жидкого чугуна;  $M_2$ - расход металлического лома;  $M_3$ - расход извести;  $M_4$  - расход шлакообразующих;  $M_5$ - расход технического кислорода;  $M_6$ - количество футеровки;  $M_7$ - выход жидкой стали;  $M_8$ - количество образовавшегося шлака;  $M_9$ - количество образовавшегося газа;  $M_{10}$ - потери металла.

Для удобства расчета баланс обычно составляют на 100кг металлической шихты. При составлении общего баланса целесообразно составить отдельные балансы кислорода, шлакообразования, металла, газа. Рассмотрим составление баланса плавки стали 5.

Для того, что бы составить баланс плавки стали 5 в кислородном конвертере с последующей продувкой металла в ковше аргоном, необходимо пользуясь справочниками, найти требования к химическому составу стали заданной марки. Результаты расчетов должны укладываться в эти требования (табл. 2).

Таблица 3. Химический состав стали 76Ф, масс. %

C	Si	Mn	V	S	P
0,71...0,82	0,25..0,60	0,75...1,15	0.03...0,15	до 0,025	до 0,025



Используемый при продувке технический кислород содержит 99,5 %  $O_2$  и 0,5 %  $N_2$ . Химический состав основных используемых шихтовых материалов с учетом потерь при прокатке (п.п.п.) задан в табл. 3 и 4

Таблица 4. Состав металлической шихты и стали перед раскислением, масс. %

Материал	Fe	C	Mn	Si	S	P
Чугун	93,97	4,00	1,00	0,80	0,030	0,20
Лом	99,04	0,20	0,50	0,20	0,030	0,030

На 100 кг металлической шихты расходуется: чугуна – 76 кг, лома – 24 кг. Вместе с чугуном в шлак поступает 5 кг/т миксерного шлака. С металлическим ломом в ванну попадает ржавчина и мусор, которые вносят 0,5%  $Fe_2O_3$  (0.12 кг) и 0,7%  $SiO_2$  (0,68 кг).

Таблица 5. Химический состав шлакообразующих и огнеупорных материалов, %

Материал	CaO	SiO <sub>2</sub>	MgO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaF <sub>2</sub>	P	S	п.п.п.
				3	3					п.
Плавиковый шпат	0,50	3,60	-	-	0,20	1,20	94,0	-	-	0,2
Известь	88,0	1,30	2,0	-	0,80	1,20	-	-	-	6,7
Железная руда	-	10,0	-	-	-	82,90	-	0,014	0,013	-
Периклаз	1,0	3,0	93,0	-	1,0	2,0	-	-	-	-
Периклазо-хромит	2,0	6,50	66,0	10,0	4,0	11,5	-	-	-	-

## 2. Шихтовка плавки

Определяем количество элементов, вносимых шихтой, с учетом расхода компонентов на 100 кг металлической шихты (чугуна – 76 кг, лома – 24 кг). Результаты заносим в табл. 5.

Таблица 6. Количество элементов, вносимых шихтой, кг

Компоненты шихты	C	Mn	Si	S	P	Fe
Чугун	3,04	0,76	0,608	0,023	0,152	71,417
Лом	0,048	0,12	0,048	0,007	0,007	23,77
Итого	3,088	0,88	0,656	0,030	0,159	95,187

## 3. Продувка в конвертере

### Определение состава и количества шлака

Считаем, что при продувке происходит окисление: углерода – до 0,6 %, марганца – 0,20%, фосфора – до 0,020%, кремний окислится полностью.

$$C = 3,088 - 0,6 = 2,48 \text{ кг}; \quad Mn = 0,88 - 0,2 = 0,68 \text{ кг}; \quad Si = 0,656; \quad P = 0,159 - 0,02 = 0,139$$

При продувке образуется оксидов:

$$MnO: 0,68 \cdot 71/55 = 0,878 \text{ кг},$$

$$SiO_2: 0,656 \cdot 60/28 = 1,406 \text{ кг},$$

$$P_2O_5: 0,139 \cdot 142/80 = 0,247 \text{ кг}.$$

Принимаем, что угар железа составляет 2 %. Из них 1 % удаляется из конвертера в виде пыли  $Fe_2O_3$ , а оставшееся железо переходит в шлак в виде оксидов FeO (на 85 %) и  $Fe_2O_3$  (на 15 %).

Таким образом, в шлак вносится  $0,952 \cdot 0,85 \cdot 72/56 = 1,04$  кг FeO и  $0,952 \cdot 0,15 \cdot 160/112 = 0,204$  кг  $Fe_2O_3$ .

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

Принимаем расход извести 6 %.

$$\text{CaO: } 0,88 \cdot 6 = 5,280 \text{ кг,}$$

$$\text{SiO}_2: 0,013 \cdot 6 = 0,078 \text{ кг,}$$

$$\text{MgO: } 0,02 \cdot 6 = 0,120 \text{ кг,}$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3: 0,008 \cdot 6 = 0,048 \text{ кг,}$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3: 0,012 \cdot 6 = 0,072 \text{ кг, что в пересчете на FeO составит}$$

$$0,072 \cdot 112/160 \cdot 72/56 = 0,064 \text{ кг.}$$

Для расчета компонентов шлака, поступивших из футеровки, принимаем расход магнезитового порошка 0,5 %, магнезитохромитовой футеровки- 0,1 %.

Магнезит вносит в шлак:

$$\text{CaO: } 0,005 \cdot 1 = 0,005 \text{ кг,}$$

$$\text{SiO}_2: 0,005 \cdot 3 = 0,015 \text{ кг,}$$

$$\text{MgO: } 0,005 \cdot 93 = 0,465 \text{ кг,}$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3: 0,005 \cdot 1 = 0,005 \text{ кг,}$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3: 0,005 \cdot 2 = 0,010 \text{ кг, что в пересчете на FeO составит}$$

$$0,010 \cdot 112/160 \cdot 72/56 = 0,009 \text{ кг.}$$

Магнезитохромитовая футеровка вносит в шлак:

$$\text{CaO: } 0,001 \cdot 2 = 0,002 \text{ кг,}$$

$$\text{SiO}_2: 0,001 \cdot 6,5 = 0,006 \text{ кг,}$$

$$\text{MgO: } 0,001 \cdot 66 = 0,066 \text{ кг,}$$

$$\text{Cr}_2\text{O}_3: 0,001 \cdot 10 = 0,010 \text{ кг,}$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3: 0,001 \cdot 4 = 0,004 \text{ кг,}$$

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

$$\text{Fe}_2\text{O}_3: 0,001 \cdot 11,5 = 0,011 \text{ кг},$$

что в пересчете на FeO составит:

$$0,011 \cdot 112/160 \cdot 72/56 = 0,01 \text{ кг}.$$

При сливе чугуна в конвертер может попадать миксерный шлак в количестве 5 кг/т, примем 0,5 кг на 100 кг шихты. В расчете примем типичный состав этого шлака, %: CaO – 38; SiO<sub>2</sub>: - 55; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: - 7. Тогда с миксерным шлаком в конвертерный шлак вносится, кг: CaO – 0,38 · 0,5 = 0,190; SiO<sub>2</sub>: - 0,55 · 0,5 = 0,275; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: - 0,07 · 0,5 = 0,035. Количество и состав получаемого шлака сведены в табл. 6.

Основность полученного шлака, в простейшем случае рассчитанная как % CaO/ % SiO<sub>2</sub>=2,7, что вполне приемлемо (допустимые значения 2,5...3,0).

#### 4) Потребность кислорода.

Количество окисляемых элементов (принято, что марганец окисляется до 0,2 %):

$$\text{C}: 3,088 - 0,60 = 2,488 \text{ кг},$$

$$\text{Mn}: 0,88 - 0,20 = 0,68 \text{ кг},$$

$$\text{Si}: \text{полностью, т.е. } 0,68 \text{ кг},$$

$$\text{P}: 0,159 - 0,020 = 0,139 \text{ кг}.$$

Доля углерода, окисляемого до CO<sub>2</sub>, обычно составляет 5...15 %. Примем 10 %. Тогда потребность в кислороде для окисления элементов составит:

$$\text{C до CO}: 2,488 \cdot (1 - 0,10) \cdot 16/12 = 2,9856 \text{ кг},$$

$$\text{C до CO}_2: 2,488 \cdot 0,1 \cdot 32/12 = 0,663 \text{ кг},$$

$$\text{Si до SiO}_2: 0,656 \cdot 32/28 = 0,75 \text{ кг},$$

$$\text{P до P}_2\text{O}_5: 0,139 \cdot 80/62 = 0,179 \text{ кг}.$$

Итого на окисление элементов необходимо затратить 4,578 кг O<sub>2</sub>.

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 7. Количество и состав конвертерного шлака в конце продувки

Источник	CaO	SiO <sub>2</sub>	Mn O	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mg O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Итог о
Известь	5,280	0,078	-	-	0,072	-	0,48	0,12 0	-	5,598
Продукт ы окислени я	-	1,406	0,87 8	-	-	-	-	-	0,24 7	2,531
Из лома	-	0,168 *	-	-	0,120 *	-	-	-	-	0,288
Оксиды железа	-	-	-	1,04	0,204	-	-	-	-	1,244
Футеровк а	-	0,000 2	-	-	0,000 2	0,00 1	0,09	0,53 1	-	0,091
Всего, кг	5,280	1,652	0,87 8	1,04	0,396	0,00 1	0,57	0,30 2	0,24 7	9,752
%	54,14	16,94	9,00	10,6 6	4,06	0,01	5,84	3,09	2,53	100,0 0

\* Из ржавчины

Количество кислорода, идущего на образование оксидов железа в шлаке, составляет:

на образование FeO:  $0,952 \cdot 0,85 \cdot 16/72 = 0,18$  кг,

на образование Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:  $0,952 \cdot 0,15 \cdot 48/160 = 0,043$  кг.

Количество удаленной из конвертера пыли, состоящей из Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, при угаре железа 1 % составит  $0,952 \cdot 160/112 = 1,36$  кг. На образование этой пыли будет затрачено  $1,36 \cdot 48/160 = 0,408$  кг кислорода.

Итого общая потребность в чистом кислороде составит:

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

$4,578+0,18+0,043+0,408=5,209$  кг или в пересчете на технический кислород, применяемый при продувке, -  $5,209/0,995=5,235$  кг.

5)Выход жидкой стали.

Выход жидкой стали согласно данному расчету составляет 94,118 % от загруженной в конвертер шихты.

Таблица 8

Элемент	Поступило с шихтой, кг	Перешло в шлак, кг	Перешло в газ, кг	Содержится в металле	
				кг	%
C	3,088	-	2,488	0,60	0,69
Mn	0,88	0,68	-	0,20	0,21
Si	0,656	0,656	-	-	-
S	0,030	0,015	-	0,015	0,016
P	0,159	0,139	-	0,020	0,021
Fe	95,187	0,952	0,952	93,283	99,113
итого	100,00	2,44	3,44	94,118	100,00

б)Количество образующихся газов

Газы образуются (вносятся) в результате:

-окисления углерода до CO и CO<sub>2</sub>:  $5,225+0,912=6,137$  кг;

-вносимый с кислородом азот:  $4,578 \cdot 0,005 = 0,023$  кг;

-при прокаливании из извести выделится CO<sub>2</sub>:  $6,7 \cdot 6 / 100 = 0,402$  кг.

Общее количество выделившихся газов:  $6,137+0,023+0,402=6,562$  кг.

Материальный баланс плавки полупродукта по результатам расчетов сведены в табл. 8. Невязка (потери, неучтенные в данном расчете) 0,166 кг или 0,147 % (допустимо не более  $\pm 5$  %, в противном случае расчет необходимо уточнить).

Таблица 9. Материальный баланс плавки

Поступило, кг		Получено, кг	
Чугун	76,000	Жидкая сталь	94,118
Стальной лом	24,000	Шлак	10,443
Известь	6,000	Газы	6,562
Миксерный шлак	0,500	Пыль	1,36
Футеровка (суммарно)	0,582	Невязка	-0,166
Кислород	5,235		
Итого	112,317	Итого	112,317

### 3. Материальный баланс обработки стали в ковше-печи

Обработка стали в ковше-печи, в отличие от плавки в конвертере или современной дуговой сталеплавильной печи, процесс восстановительный. Одним из главных требований его проведения является наличие нейтральной или слабо восстановительной атмосферы в ковше. Это дает возможность наведения восстановительного шлака, обеспечивающего низкий угар раскислителей и легирующих материалов, а также глубокую десульфурацию металла в условиях интенсификации процесса продувкой аргоном, К этим операциям и процессам и сводится материальный баланс обработки стали в ковше-печи.

Баланс составляется на 94,118 кг жидкой стали-полупродукта. Данный расчет является продолжением выполняемого в разделе 8.1 расчета плавки. В качестве исходного значения берется определенное в разделе 8.1.2.3 количество полупродукта и его состав. Состав жидкого полупродукта, полученного в конвертере, приведен в таблице 8.

Таблица 10 - Состав жидкой стали - полупродукта, масс. %

C	Si	Mn	Cr	S	P
0,637	0	0,212	0	0,016	0,021

Состав используемых ферросплавов и раскислителей приведен в таблице 11.

Таблица 11 - Химический состав используемых материалов, масс. %

Материал	C	V	Mn	Si	S	P	Fe	Al
Ферросилиций ФС75	–	–	0,4	80	0,02	0,05	20	–
Ферромарганец ФМн75	7,0	–	75	1	0,03	0,45	17,52	-
Алюминий первичный	–	–	–	1,5	–	1,5	–	97
Феррованадий ФВд40У1	1,0	40	6	2	0,05	0,10	51	–

В составе ферросплавов для всех элементов, кроме ведущего, показано предельно допустимое содержание. Поэтому при составлении баланса эти элементы, за некоторыми исключениями, не учитывались.

Используемый на производстве глинозем содержит:  $\text{SiO}_2$  – 0,03...0,20%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,04...0,08%; потери при прокаливании не более 1,0..1,2%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – остальное. Химический состав прочих шлакообразующих и огнеупорных материалов, используемых в данном расчете взят из табл. 3. Науглероживание стали в случае необходимости производят продувкой порошком молотых остатков (боя) электрода или отсевок кокса. Примем в расчете, глинозем с содержанием:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 99,4%;  $\text{SiO}_2$  – 0,10%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,05%; потери при прокаливании 0,6%; науглероживатель с содержанием: C – 99,795%;  $\text{SiO}_2$  – 0,041%; CaO – 0,132%; MgO – 0,032%. Футеровка ковша в зоне шлакового пояса, подвергаемого наиболее интенсивному износу – периклазодоломитовая. Химический состав футеровки: MgO – 87%; CaO – 10%,  $\text{SiO}_2$  – 3%. Материальный баланс составим поэтапно на 93,768 кг жидкого полупродукта.

### 3.1 Раскисление и легирование

Определим количество ферросплавов, которое необходимо присадить в металл для получения заданного состава стали. Величину присадок определим по формуле:

$$M_{\text{фспл}} = \frac{M_{\text{ж.ст}} ([C]_{\text{гот.ст}} - [C]_{\text{исх}}) \cdot 100}{[C]_{\text{фспл}} (100 - K_{\text{уг}})}, \quad (37)$$

где  $M_{\text{ж.ст}}$  – масса жидкой стали, кг;

$[C]_{\text{гот.ст}}$ ,  $[C]_{\text{исх}}$  и  $[C]_{\text{фспл}}$  - содержание легирующего элемента в готовой стали (среднее по данной марке стали), в ковше перед раскислением, и в ферросплаве соответственно, %;

$K_{\text{уг}}$  - угар элемента при раскислении (легировании), %.

При обработке в печи-ковше угар ниже, чем при легировании в ковше и в среднем составляет: для фосфора – 70%, алюминия и науглероживателя

									Лист
									40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР				



около 30%, для кремния – 15%, марганца, железа, хрома, меди и никеля – 0%.

Тогда количество присаживаемого феррохрома

$$M_{\text{ФМн75}} = \frac{94,118 \cdot (1 - 0,353) \cdot 100}{75 \cdot (100 - 0)} = 0,811 \text{ кг}$$

Он дополнительно внесет в расплав, с учетом угара:

$$\text{Si: } 0,811 \cdot 0,01 \cdot 0,85 = 0,007 \text{ кг;}$$

$$\text{Fe: } 0,811 \cdot 0,1752 = 0,142 \text{ кг;}$$

$$\text{C: } 0,811 \cdot 0,07 \cdot 0,7 = 0,039 \text{ кг;}$$

$$\text{P: } 0,811 \cdot 0,0045 \cdot 0,3 = 0,001 \text{ кг.}$$

Расход алюминия без расчета принимается 0,07 кг на 93,768 кг полупродукта. С ним в металл также поступит:

$$\text{Si: } 0,07 \cdot 0,015 \cdot 0,85 = 0,001 \text{ кг}$$

$$\text{P: } 0,07 \cdot 0,015 \cdot 0,3 = 0,0003 \text{ кг}$$

С учетом 30% угара в металл перейдет 0,049 кг алюминия.

С учетом этого количества кремния расход ферросилиция при усвоении кремния составит:

$$M_{\text{ФС75}} = \frac{94,118 \cdot (0,4 - 0,047) \cdot 100}{80 \cdot (100 - 15)} = 0,488 \text{ кг.}$$

Он внесёт в сталь

$$\text{Fe: } 0,488 \cdot 0,2 = 0,0976 \text{ кг}$$

$$\text{Mn: } 0,488 \cdot 0,004 = 0,002 \text{ кг}$$

$$\text{P: } 0,488 \cdot 0,0005 \cdot 0,3 = 0,00007 \text{ кг}$$

Количество присаживаемого ФВд40У1:

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

$$M_{\text{ФВд40У1}} = \frac{94,118 \cdot (0,09 - 0) \cdot 100}{40 \cdot (100 - 0)} = 0,21 \text{ кг}$$

Он дополнительно внесет в расплав, с учетом угара:

$$\text{C: } 0,21 \cdot 0,01 \cdot 0,7 = 0,0014 \text{ кг}$$

$$\text{Mn: } 0,21 \cdot 0,06 = 0,126 \text{ кг}$$

$$\text{Si: } 0,21 \cdot 0,02 \cdot 0,85 = 0,0035 \text{ кг}$$

$$\text{Fe: } 0,21 \cdot 0,51 = 0,107 \text{ кг}$$

$$\text{P: } 0,21 \cdot 0,001 \cdot 0,3 = 0,000063 \text{ кг;}$$

Всего в сталь поступит

$$\text{Fe: } 0,142 + 1,19 + 0,976 + 93,283 = 94,713 \text{ кг}$$

$$\text{Si: } 0,007 + 0,001 + 0,039 + (0,488 \cdot 0,8 \cdot 0,85) = 0,378 \text{ кг}$$

$$\text{Mn: } (0,811 \cdot 0,75) + 0,141 + 0,002 = 0,751 + 0,212 = 0,963 \text{ кг}$$

$$\text{P: } 0,001 + 0,0003 + 0,0007 + 0,000063 = 0,002 + 0,021 = 0,023 \text{ кг}$$

$$\text{C: } 0,637 + 0,039 + 0,016 = 0,692 \text{ кг}$$

$$\text{V: } 0,21 \cdot 0,4 = 0,084 \text{ кг}$$

Расход углеродистого порошка с учетом угара

$$M_{\text{C}} = 96,85 \cdot \frac{(0,76 - 0,71) \cdot 100}{99,795 \cdot (100 - 30)} = 0,069 \text{ кг}$$

### 3.2 Состав и количество шлака

Шлаковая смесь, загружаемая в ковш, состоит из извести и глинозема в соотношении 65:35. Расход смеси обычно составляет 20...30 кг/т или 2...3 кг на 94,118 кг полупродукта. Однако данный расчет ведется для стали, легированной кремнием. Это вызывает необходимость ввода в ковш повышенного количества ферросилиция, а также учета кремнезема в шлаке.

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

Поэтому для ошлакования этого кремнезема примем повышенный расход смеси – 5 кг. Шлаковая смесь внесет (см. таблицу 8):

Из извести:

$$\text{CaO: } 0,88 \cdot 5 \cdot 0,65 = 2,86 \text{ кг,}$$

$$\text{SiO}_2: 0,013 \cdot 5 \cdot 0,65 = 0,042 \text{ кг,}$$

$$\text{MgO: } 0,02 \cdot 5 \cdot 0,65 = 0,065 \text{ кг,}$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3: 0,008 \cdot 5 \cdot 0,65 = 0,026 \text{ кг,}$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3: 0,012 \cdot 5 \cdot 0,65 = 0,039 \text{ кг;}$$

из глинозема:

$$\text{Al}_2\text{O}_3: 0,992 \cdot 5 \cdot 0,35 = 1,736 \text{ кг,}$$

$$\text{SiO}_2: 0,001 \cdot 5 \cdot 0,35 = 0,002 \text{ кг.}$$

Содержащимся в глиноземе  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  за малостью пренебрегаем.

В шлак переходит оксид - продуктов раскисления в результате присадки ферросплавов:

в результате угара окислится кремния:

$$1,423 \cdot 0,80 \cdot 0,15 = 0,171 \text{ кг,}$$

из остальных ферросплавов:

$$0,018 \cdot 0,15 = 0,003 \text{ кг,}$$

Всего окислится кремния:

$$0,171 + 0,003 = 0,174 \text{ кг,}$$

При этом образуется

$$\text{SiO}_2: 0,174 \cdot 60/28 = 0,373 \text{ кг,}$$

Помимо кремния в шлак перейдет в результате окисления алюминия:

$$\text{Al}_2\text{O}_3: 0,07 \cdot 0,30 \cdot 102/54 = 0,040 \text{ кг.}$$

При износе футеровки в зоне шлакового пояса 1,1 кг/т или 0,11 кг на 93,768 кг полупродукта в шлак перейдет:

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\text{MgO: } 0,11 \cdot 0,87 = 0,096 \text{ кг,}$$

$$\text{CaO: } 0,11 \cdot 0,1 = 0,011 \text{ кг,}$$

$$\text{SiO}_2: 0,11 \cdot 0,03 = 0,003 \text{ кг.}$$

По результатам проведенных расчетов можно определить количество и состав образующегося шлака. Результат оформим в таблице 10.

Таблица 12 - Количество и состав шлака в ковше-печи

Источник поступления	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Итого
Известь	2,86	0,026	0,042	0,039	0,065	3,032
Глинозем	–	1,736	0,002	–	–	1,738
Продукты раскисления	–	0,040	0,141	–	–	1,181
Футеровка	0,011	–	0,003	–	0,096	0,110
Итого, кг	2,871	1,802	0,188	0,039	0,161	5,061
Итого, %	56,72	35,6	3,71	0,77	3,18	100

Рассматривая результаты расчетов, приведенные в таблице 10, следует сделать замечания:

1. По сравнению с обычным для обработки стали в ковше-печи содержанием SiO<sub>2</sub> (3...7%), фактическое значение более высокое. Это связано с тем, что обработке подвергали сталь, легированную кремнием. Присадка большого количества ферросилиция вызвала и большое образование кремнезема. Понизить его содержание в шлаке можно присадкой большого количества шлаковой смеси (CaO + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Это в определенной мере и было учтено в расчете, что привело к образованию большого для условия обработки в печи-ковше количества шлака (5,293 кг, хотя обычно его количество не превышает 3...4% от массы металла). Дальнейшее увеличение количества присаживаемой шлаковой смеси нецелесообразно.

2. Полученное расчетом содержание Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 0,77% высоко и может быть лишь в начале процесса. По ходу его развития этот оксид расходуется на окисление раскислителей и вдуваемого углерода. Таким образом, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> выступает как дополнительный окислитель, дополняя растворенный в стали кислород.

### 3.3 Десульфурация

Вследствие наводки в ковше-печи активного шлака с высокой десульфурующей способностью в условиях интенсивного перемешивания вдуваемым аргоном коэффициент распределения серы между шлаком и металлом  $L_s = (S) / [S]$  достигает 500... 1000. Учитывая повышенное содержание в шлаке  $SiO_2$ , принимаем эту величину равной 250. Рассчитаем содержание серы в стали после обработки в печи-ковше:

$$[S] = [S]_0 / (1 + L_s \cdot a/100), \quad (38)$$

где  $a$  - количество шлака в % от массы металла,

$[S]_0$  и  $[S]$  - содержание серы в стали в исходном (до обработки) и конечном (после обработки) состояниях.

Вносимой ферросплавами серой можно на данном этапе пренебречь.

Тогда конечное содержание серы в металле гарантированно не превысит:

$$[S] = 0,016 / (1 + 300 \cdot 5,061/100) = 0,00098\%$$

Это содержание серы при обычной технологии обработки значительно ниже допустимого техническими условиями и дополнительных мер по снижению серы в металле принимать не требуется.

### 3.4 Количество газа

В процессе обработки в ковше-печи газ образуется в основном в результате окисления углерода и потерь при прокаливании шлаковых материалов. При наведении шлака выделится:

из извести:

$$6,7 / 94,118 \cdot 5 \cdot 0,65 = 0,231 \text{ кг,}$$

из глинозема:

$$0,6 / 94,118 \cdot 5 \cdot 0,35 = 0,011 \text{ кг,}$$

30% угара углерода, вдуваемого в металл с образованием CO:

$$0,048 \cdot 30/100 \cdot 28/12 = 0,033 \text{ кг,}$$

Итого образуется газа:

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$0,112 + 0,231 + 0,011 = 0,354 \text{ кг.}$$

Используемый при продувке аргон не учитывается, так как инертный газ с компонентами стали и шлака не взаимодействует. Аргон проходит ванну и без изменения количества из нее уходит.

### 3.5 Выход жидкой стали

Для составления баланса металла определим, сколько всего внесено компонентов полупродуктом, ферросплавами с учетом фактического химического состава ферросплавов. При этом учтем, что углерод в графитовом порошке - неметалл и не растворен в жидком металле. Однако он переходит в жидкий металл и после этого является компонентом стали.

Таблица 13 - Баланс металла

Элемент	Поступило, кг*	Перешло в шлак, кг	Перешло в газ, кг	Содержится в металле	
				кг	%
C	0,761	–	0,042	0,739	0,76
Si	0,445	0,066	–	0,379	0,39
Mn	0,963	–	–	0,963	0,98
V	0,21	-	-	0,084	0,087
S	0,015	0,014	–	0,001	0,001
P	0,027	0,0042	–	0,0228	0,023
Al	0,679	0,021	–	0,658	0,68
Fe	94,118	–	–	94,118	97,36
Итого	96,688	0,105	0,042	96,161	100

\* Без учета угара.

Выход жидкой стали от введенных в печь-ковш исходных материалов:

$$96,161/96,688 \cdot 100 = 99,45\%$$

Материальный баланс обработки стали в печи-ковше приводится в таблице 12.

Невязка 2,96 кг, или 2,99 %.

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Таблица 14 - Материальный баланс плавки

Поступило		Получено	
Материал	Количество, кг	Продукт	Количество, кг
Полупродукт	94,118	Сталь	96,688
Известь	3,25		
Глинозем	1,749	Шлак	5,061
Ферросилиций	0,488	Газ	0,042
Феррованадий	0,084		
Алюминий	0,07	Невязка	2,96
Углеродистый порошок	0,069		
Итого	98,82	Итого	98,82

## **6. Специальная часть: «Технология внепечной обработки рельсовых сталей».**

Ограниченные возможности регулирования физических и физико-химических условий протекания процессов плавки стали в сталеплавильных агрегатах, повышение требований к качеству стали, а также необходимость разработки технологии и производства стали принципиально нового качества привели к созданию новых сталеплавильных процессов, соответствующих современному уровню развития техники. Одним из элементов таких технологий является внепечная обработка стали. Агрегаты внепечной обработки стали позволяют получать стали высокого качества, а некоторых случаях нового качества, а также повышает производительность сталеплавильных агрегатов, внепечная обработка стали начала стремительно быстро развиваться в 60-70-х годах и стала обязательной частью сталеплавильного производства. Внепечная обработка стали — это промежуточный ее передел между выплавки полупродукта в сталеплавильном агрегате и разливкой ее на МНЛЗ или в изложницы. Внепечная обработка стали начала активно применяться с 60-х годов, главным образом для повышения производительности дуговых сталеплавильных печей и конвертеров, благодаря вынесению части процессов рафинирования и легирования в сталеразливочный ковш. Уже в начале внедрения процессов внепечной обработки, стало ясно, что они существенно могут улучшить качественные характеристики стали, такие как: механические свойства, коррозионную стойкость и другие показатели, но и получить сталь с совершенно новыми свойствами. Повышение качества стали привело к росту работоспособности машин и конструкций при уменьшении их массы. Другим важным фактором, стала возможность получать сталь с узкими пределами содержания каких – либо элементов.

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48



Главными задачами внепечной обработки рельсовых сталей является:

- 1) Раскисление
- 2) Легирование
- 3) Модифицирование
- 4) Дополнительная дефосфорация
- 5) Усреднение температуры и химического состава
- 6) Удаление продуктов раскисления
- 7) Дополнительное науглероживание

Для обеспечения всех предложенных операций достаточно будет использовать такой агрегат внепечной обработки стали, как агрегат ковш-печь.

АКП является наиболее универсальным агрегатом внепечной обработки. Он позволяет с высокой точностью поддерживать в расплаве температура, оптимальную для непрерывной разливки и точно выдержать химический состав, позволяет проводить глубокую десульфурацию и микролегирование высокоактивными элементами.

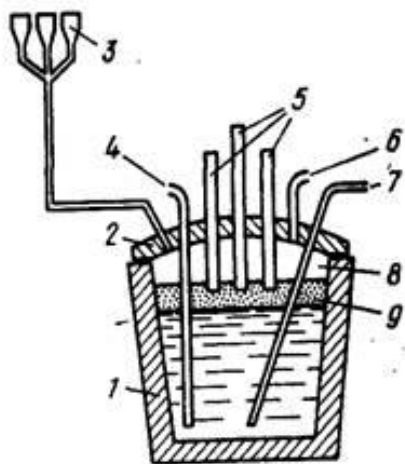


Рис. Схема агрегата ковш-печь: 1 - ковш; 2 - крышка-свод; 3 - бункера для ферросплавов и флюсов; 4 - фурма для подачи в металл аргона или азота; 5 - электроды; 6 - подача аргона; 7 - фурма для вдувания порошка силикокальция в струе аргона; 8 - безокислительная атмосфера; 9 - шлак.

Раскисление рельсовой стали производится добавлением ферросилиция и ферромарганца или алюминиевой порошковой проволоки. Добавление алюминиевой проволоки или вдувание алюминиевого порошка нежелательно, так как, эти способы приводят к образованию в расплаве неметаллического продукта раскисления – глинозема, который негативно повлияет на механические свойства рельс.

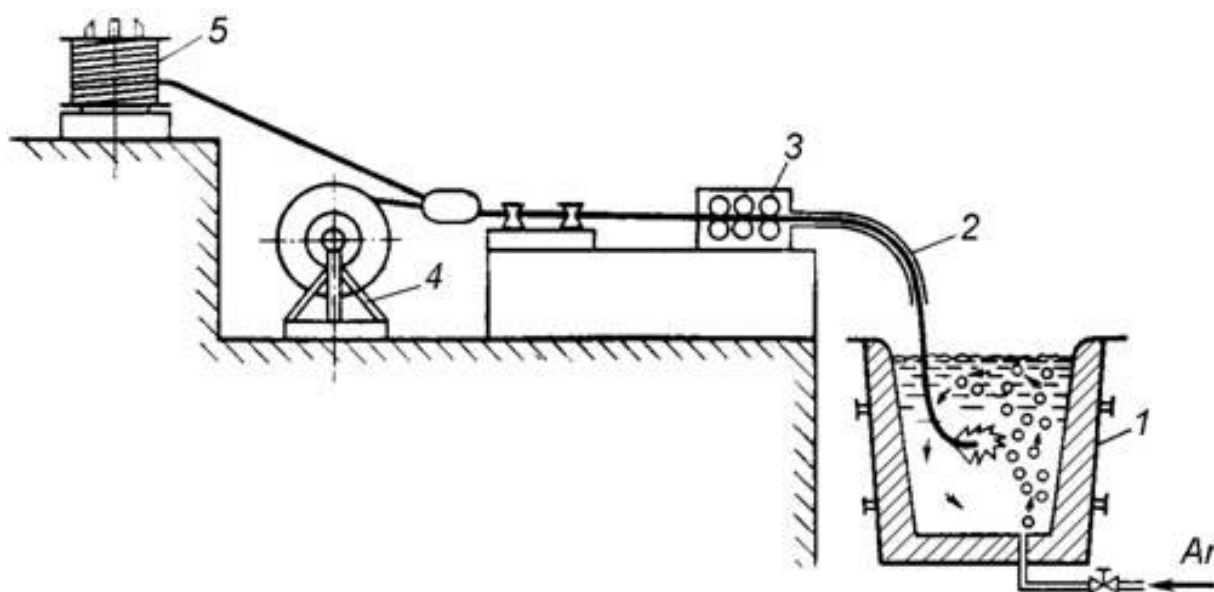


Рис. Схема ввода порошковой проволоки в сталеразливочный ковш: 1 – ковш; 2 – направляющая труба; 3 – трайб-аппарат; 4 – разматывающее устройство; 5 – бухта порошковой проволоки.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР

Лист

50

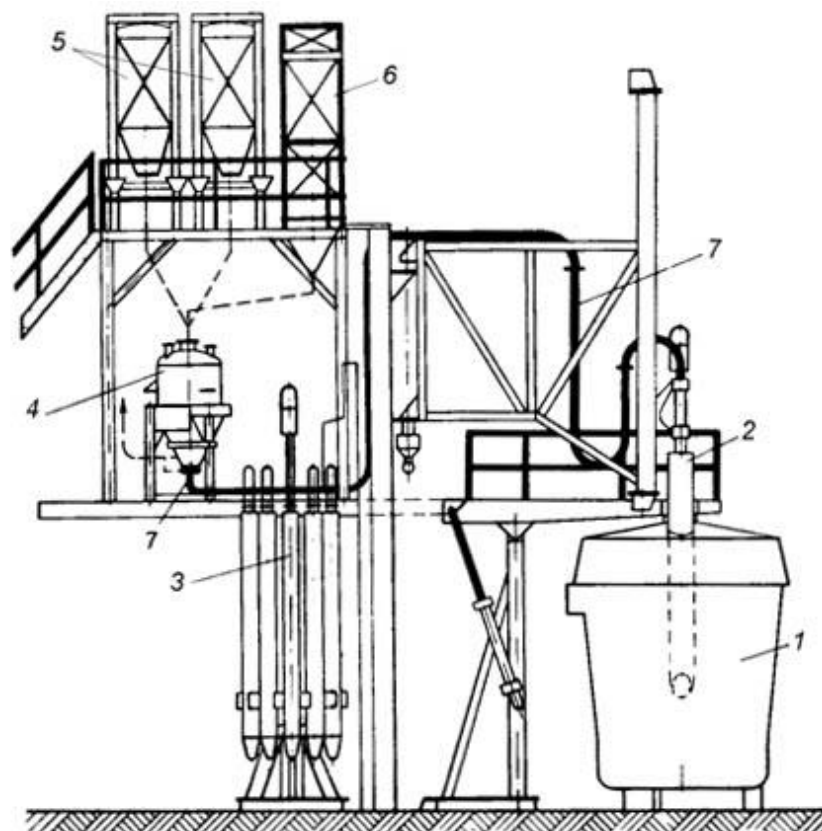


Рис. Схема установки для вдувания в металл порошкообразных материалов: 1 – ковш, накрытый крышкой; 2 – фурма; 3 – карусельная установка с запасными фурмами; 4 – расходный бункер; 5 – накопительные бункера; 6 – пылеулавливающая установка; 7 – трубопроводы для подачи порошков от расходного бункера к фурме.

Интересен способ раскисления и модифицирования стали, в котором для раскисления используется силикокальций с добавлением ванадия.

Задачей этого способа является повышение качества металла и сокращение расходов ванадийсодержащих ферросплавов.

Поставленная задача достигается за счет того, что в качестве ванадийсодержащего материала используют ванадиевый шлак, при этом ковш с металлом подают на установку печь-ковш и нагревают металл до температуры на 70 - 90° выше температуры ликвидус, после чего присаживают ванадиевый шлак, твердые шлакообразующие и ферросилиций, а порошковый силикокальций вводят в конце доводки, при этом количество

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР

Лист

51

ванадиевого шлака, ферросилиция и порошкового силикокальция поддерживают в соотношении 1 : (0,15 - 0,40) : (0,10 - 0,15), соответственно, причем расход ванадиевого шлака составляет 3,7 - 7,5 кг/т стали. Кроме того, через 20 - 25 мин после ввода ванадиевого шлака отбирают пробу для определения содержания ванадия в стали и при необходимости производят корректировку по ванадию путем присадки дополнительного количества ванадиевого шлака. В предложенном варианте во время выпуска металла в ковш под струю металла присаживают только часть ферросплавов, примерно 60 - 70% от необходимого количества. Остальную навеску ферросплавов, в том числе и ванадийсодержащих компонентов, присаживают в ковш на установке печь-ковш во время доводки плавки. Сначала в ковш дают навеску дробленого ванадиевого шлака, куски ванадиевого шлака имеют размеры до 70 мм в поперечнике. После чего в ковш присаживают твердые шлакообразующие (известь и плавиковый шпат), а затем дают 45% FeSi мелкой фракции (10 - 20 мм в поперечнике). Для определения хим.состава стали отбирают пробу и при необходимости делают корректировку по химическим элементам путем присадки дополнительного количества ферросплавов или ванадиевого шлака. Для снижения активности кислорода и увеличения усвоения ванадия из шлака, а также модификации включений в конце доводки в металл вводится силикокальцевая порошковая проволока в количестве 170 - 200 г/т кальция. Благодаря наведению восстановительного шлака в ковше создаются условия для восстановления ванадия из присаживаемого ванадиевого шлака, расход которого в зависимости от марки стали, составляет 3,7 - 7,5 кг/т стали. Интенсивное раскисление шлака дроблеными ферросплавами и восстановительная атмосфера в ковше предотвращает переход кислорода из шлака и атмосферы в металл и соответственно предотвращает угар ванадия. Выбор граничных параметров обусловлен тем, что при соотношении компонентов - ванадиевый шлак: FeSi : SiCa меньше предлагаемого (например, 1 : 0,14 : 0,09) и расходе ванадиевого шлака менее 3,7 кг/т стали в металле не хватает восстановителя

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

и возникает низкая основность шлака, что ведет к уменьшению количества восстановленного из шлака ванадия и недостаточное его количество в готовой стали. При соотношении компонентов более 1 : 0,40 : 0,15 и расходе ванадиевого шлака более 7,5 кг/т стали положительного результата также не получали, т.к. шлак при этом становился гетерогенным и вязким и реакция восстановления ванадия протекала вяло и не до конца.

При нагреве металла на установке печь-ковш с помощью графитовых электродов проявляется повышенная активность углерода и кремния, как раскислителей. В результате взаимодействия этих элементов с оксидом ванадия достигают усвоения ванадия из шлака до 97% . На процесс восстановления ванадия из ванадиевого шлака существенно влияет и температура металла. При нагреве металла до температуры, превышающей температуру ликвидус меньше чем на 70°C, тепла для завершения процессов восстановления недостаточно, а перегрев с превышением температуры ликвидус более чем на 90°C ведет к угару углерода, восполнять который приходится дополнительной присадкой коксика.

Применение предложенного способа раскисления, модифицирования и микролегирования ванадийсодержащей стали обеспечивает максимальное извлечение ванадия и повышение качества металла (содержание вредных примесей фосфора и серы составляет менее 0,025%).

В условиях некоторых сталеплавильных цехов в дуговых сталеплавильных печах и кислородных конвертерах трудно стабильно получать металл с содержанием фосфора менее 0,005%, а в рельсовых сталях содержание фосфора строго определено по ГОСТ. Агрегат ковш-печь позволяет проводить меры по удалению фосфора из расплава.

Сталь такого качества может быть получена следующим образом. Не раскисленный металл выпускают в ковш, высота свободного борта которого должна составлять не менее 0,5 м. По ходу выпуска в ковш присаживают известь, плавиковый шпат и железную руду или прокатную окалину. Типичной присадкой является добавка 10 кг/т смеси, содержащей 42%

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

известии, 43% железной руды и 15% плавикового шпата (вместо плавикового шпата может быть использован силикат натрия  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ ). При этом ковшевой шлак будет иметь следующий состав, % мас.: 40 CaO; 35 FeO; 8 SiO<sub>2</sub>; 5 MgO; 2 MnO и 10 CaF<sub>2</sub>.

Продувку стали аргоном ведут при помощи погружаемой в металл фурмы, которая обеспечивает более интенсивное перемешивание металла и шлака чем продувка через пористую пробку. Продувка продолжается около 10 минут и заканчивается, когда температура металла понижается приблизительно до 1560°C. После этого, чтобы избежать рефосфорации стали при раскислении, необходимо с максимально возможной полнотой удалить из ковша шлак.

Состав и температуру металла усредняют по объему ковша путем продувки аргоном на всех плавках независимо от марки выплавляемой стали. Для продувки используют специальную футерованную фурму. К нижней части стержня прикрепляется одноканальная, пористая или многоканальная высокоглиноземистая пробка. Выравнивание свойств жидкой стали по объему ковша обеспечивается перемешиванием ванны при использовании работы расширения всплывающих пузырей аргона.

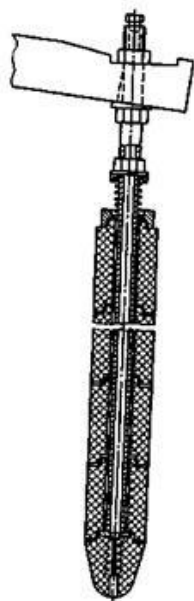


Рис. Фурма в виде ложного стопора для продувки металла в ковше

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

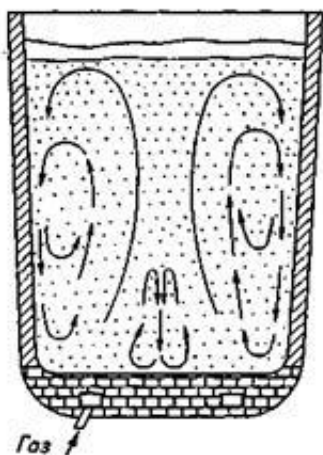


Рис. Схема движения газометаллических потоков в ковше при продувке металла аргоном снизу.

Неоднородность конвертерного металла в ковше обусловлена специфичностью кислородно-конвертерного процесса. В этих условиях роль продувки аргоном: обеспечение при небольшом по интенсивности, но равномерном по объему выделении и всплывании пузырей быстрое выравнивание температуры и состава огромных по объему и массе ванн. Однако отличительным преимуществом продувки аргоном является сочетание облагораживания металла с его защитой от контакта со шлаком и атмосферой, состав которых нежелателен для качества стали.

При легировании, ферросплавы вводят в ковш, одновременно продувая металл аргоном. Для обеспечения равномерного растворения сплавов в объеме металла масса каждой порции не должна превышать 500 кг. После окончания присадки ферросплавов металл продувают аргоном в течение 2—3 мин. Это очень важное условие полного выравнивания химического состава металла.

Во время конвертерной плавки не всегда удается точно соблюсти содержание углерода в стали, и поэтому, могут потребоваться меры по дополнительному науглероживанию стали вне плавильного агрегата.

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

В ковше во время выпуска из конвертера, углеродосодержащий материал (карбюризатор) фракцией 0-10 мм присаживается в ковш во время выпуска металла из агрегата.

В ковше на установках внепечной обработки стали типа ковш-печь, науглероживание стали осуществляется вдуванием в металлический расплав в струе инертного газа порошка карбюризатора фракцией 0-3 мм с помощью погружной фурмы. Возможна присадка кускового карбюризатора фракцией 0-10 мм на оголённую поверхность металла в зоне действия донной фурмы для продувки аргоном.

Проводимая для рельсовых сталей внепечная обработка резко сказывается на улучшении ее качества. Metallургам удается получить очень точный химический состав стали, низкое содержание нежелательных примесей и неметаллических включений. При внепечной обработке так же, удается проводить легирование и модифицирование рельсовой стали с очень высоким процентом усвоения добавок. Легирование и модифицирование очень заметно улучшают механические свойства стали. Проведение всех этих операций непосредственно в плавильном агрегате не получится с той же эффективностью и, в следствии, не получится достигнуть такого же высокого качества сталей. Поэтому, я склонен считать, что внепечная обработка необходима, как следующая ступень производства, после выплавки полупродукта для любых сталей, и особенно, высококачественных специальных сталей.

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



## 7. Охрана труда и техника безопасности

### 7.1 Охрана труда в условиях производства

В соответствии с федеральным законом № 181-ФЗ от 17.07.99 г. "Об основах охраны труда в Российской Федерации" основными направлениями государственной политики в области охраны труда являются:

1. Обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников
2. Государственное управление охраной труда.
3. Государственный надзор и контроль за соблюдением требований охраны труда.

Каждый работник имеет право на: рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда; обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний; получение достоверной информации от работодателя об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и опасных производственных факторов; отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья; обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты работников; обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя в случае ликвидации рабочего места вследствие нарушения требований охраны труда и др.

Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда в организациях независимо от организационно-правовых форм осуществляется в размере не менее 0,1% сумм затрат на производство продукции (работ, услуг), а в организациях занимающихся эксплуатационной деятельностью - в размере не менее 0.7% от суммы эксплуатационных расходов. Работник не несет расходов на финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда.

Важность проблемы охраны труда на металлургических предприятиях заключается в специфике их работы. Все технологические процессы

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

характеризуются наличием опасных и вредных производственных факторов, которые определяются согласно ГОСТ 12.0.003-74 (2004). К ним относятся движущиеся машины и механизмы, шум, вибрация, тепловое излучение, повышенная загазованность и запылённость воздуха. Влияние этих факторов на работающих, может привести к возникновению несчастных случаев, травм, профзаболеваниям.

Вопросы охраны труда и окружающей среды решаются путём комплексной механизации производственных процессов и операций, внедрения современных средств техники безопасности. В результате решения вопросов произошли изменения в условиях труда металлургов, уменьшилось количество вредных и трудоёмких процессов, улучшилось санитарно-бытовое обслуживание трудящихся.

Для кислородно-конверторного производства характерно большое разнообразие использования сырья и полуфабрикатов. Вещества и химические соединения, пыль в определенных условиях создают реальную опасность возникновения профессиональных заболеваний, возможность образования взрывоопасных смесей.

При сложившемся в последнее время кризисе в экологии необходимо большое внимание уделять вопросам чистоты воздушной среды, микроклимата в объеме цеха.

## 7.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Анализ опасных и вредных производственных факторов приведён в табл. 9. в соответствии с ГОСТ 12.0.003–74 (2004) «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 15. Опасные и вредные производственные факторы

Наименование участка	Технологический процесс	Материалы	Опасные факторы	Вредные факторы
Загрузочный пролет	Завалка лома; заливка чугуна.	Лом, жидкий чугун	T = 1320 °C; брызги чугуна, движущиеся механизмы, пожаровзрывоопасность, электроопасность	Пыль, шум, тепловое излучение 350 – 10500 Вт/м <sup>2</sup> ; температура воздуха 28 °C
Конвертерный пролет	Продувка жидкого металла; выпуск стали	Жидкая сталь, флюсы, раскислители	T = 1680 °C; брызги жидкого металла, пожаровзрывоопасность, электроопасность	Пыль, шум, тепловое излучение 350– 10500 Вт/м <sup>2</sup> ; температура воздуха 28 °C
ОНРС	Разливка на МНЛЗ	Жидкая сталь	Брызги жидкой стали, пожаровзрывоопасность, электроопасность	Пыль, шум, тепловое излучение 350– 10500 Вт/м <sup>2</sup> ; температура воздуха 28 °C

## 7.2. Безопасность технологических процессов

Основные технологические процессы в кислородно-конвертерном цехе:

- загрузка лома;
- заливка чугуна;
- продувка;
- слив металла и шлака из конвертера;
- разливка стали на МНЛЗ.

В ККЦ необходимо устранить непосредственный контакт рабочих с исходными материалами (жидким чугуном) и отходами производства, оказывающими вредное действие на состояние человека. При этом необходимо соблюдать все правила применения средств защиты работающих в соответствии с ГОСТ 12.4.011–89 (2004) «Средства защиты работающих. Общие требования». Для этого используется спецодежда, брюки и куртка. Обязательно иметь защитные очки, а также очки со светофильтром. Для защиты сталевара и подручного сталевара конвертера от теплового излучения во время наклона конвертера в горизонтальное положение для выпуска готовой плавки или технологического контроля (взятия проб металла и шлака, замера температур), используется пробоотборный экран.

Для своевременного получения информации о возникновении опасных и вредных производственных факторов на отдельных технологических операциях установлены системы контроля и защиты (автоматическое пожаротушение в соответствии с ГОСТ 12.3.046–91 (2001) ССБТ «Установки пожаротушения автоматические. Общие технические требования», контроль выбросов вредных веществ). Системы контроля и управления технологическим процессом обеспечивает защиту сталевара и подручных сталевара, и других работающих в опасных зонах при аварийном отключении производственного оборудования.

При выполнении технологических процессов и операций, которые сопровождаются опасными и вредными производственными факторами, предусмотрена механизация, автоматизация и применение дистанционного

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

управления. Помещения МНЛЗ оборудованы громкоговорящей и телефонной связью и сигнализацией, а также системой аварийного освещения. Все посты управления обеспечены кондиционерами и звукоизолированы. Разливочная площадка выложена огнеупорным кирпичом и имеет перильное ограждение.

Для аварийного слива металла из сталеразливочного ковша имеются аварийные ёмкости, обеспечивающие приём всего металла.

При разливке стали на МНЛЗ, в системе охлаждения кристаллизатора и зоны вторичного охлаждения предусмотрено аварийное водоснабжение при отключении основной системы. В процессе разливки сталеразливочный ковш и промковш закрыты специальными футерованными крышками. Подъемник и рольганг для выдачи слитков из установки оборудованы ограждениями в соответствии с ГОСТ 12.2.062–81 (2008) «Оборудование производственное. Ограждения защитные», исключаящими вход обслуживающего персонала в их зону действия в период работы. Уборка и погрузка слитков, а также уборка окалины механизированы. Все помещения, где установлено механическое оборудование и электрическое оборудование, снабжены различного вида блокировками в соответствии с ГОСТ 12.2.062–81 (2008) «Оборудование производственное. Ограждения защитные». Эти помещения оборудованы также системами автоматического пожаротушения в соответствии с ГОСТ 12.3.046–91 (2001) ССБТ «Установки пожаротушения автоматические. Общие технические требования».

Использование газового хозяйства соответствует техническому регламенту № 870 от 29 октября 2009 г. «О безопасности сетей газораспределения и газопотребления»

В соответствии с ГОСТ 12.2.049–80 (2001) «Эргономические требования» в кислородно-конвертерном цехе потолки, стены, оборудование окрашены в холодные тона (зеленый, сине-зеленый, синий).

Движущееся оборудование (краны, телеги, сталевозы) окрашены в желтый цвет с черными полосами. Светлота отделки пола – 0,3, потолка и верхней части стен – 0,5.

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

### 7.3. Безопасность веществ

Содержание загрязняющих веществ в воздухе должно соответствовать ГН 2.2.5 2730–10 «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны» и ГОСТ 12.1.007–76 (2007) «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности». ПДК производственной пыли в воздухе рабочей зоны должно быть 4 мг/м<sup>3</sup>, а фактически составляет 13,5 мг/м<sup>3</sup>; окислы железа ПДК – 6 мг/м<sup>3</sup>, фактически – 36,9 мг/м<sup>3</sup>; окислы марганца ПДК – 0,05 мг/м<sup>3</sup>, фактически 0,48 мг/м<sup>3</sup>. Остаточная запыленность воздуха (от конвертеров), выбрасываемого в атмосферу должна быть концентрацией не более 100 мг/м<sup>3</sup>.

Количество вредных веществ, образующихся от различных объектов цеха, в год составляют:

- взвешенные частицы – 38,6 тыс.т;
- окиси марганца – 0,30 тыс.т;
- окиси углерода – 0,29 тыс.т;
- окиси азота – 3 тыс.т;
- прочие вещества – 0,03 тыс.т.

Химический состав пыли, удаляемой из конвертера, %

SiO <sub>2</sub> – 1– 9	CaO – 4– 6
NiO – 4– 5	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 1– 10
MgO – 10– 16	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiO <sub>2</sub> – 1– 10
MnO – 10– 16	FeO + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 50– 55

ПДК вредных веществ в рабочей зоне, реальная концентрация и класс опасности приведены в табл. 10.

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

Таблица 16. ПДК вредных веществ в рабочей зоне

Вещество	ПДК рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	Реальное содержание в рабочей зоне, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
NO	30	–	IV
NO <sub>2</sub>	2	2,5–3	III
FeO	5	4–7	III
CaO	3	–	III
SiO <sub>2</sub>	2	3– 6	III
MnO	0,05	0,05–0,09	I
SO <sub>2</sub>	10	~ 12	III
CO	4	1–10	III
CO <sub>2</sub>	20	~ 25	IV
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1	~ 1,2	II
Cr	2	1,8–2,3	III

Из приведенных анализов видно, что фактические значения превышают нормативные предельно допустимые концентрации. Отравление марганцем носит обычно хронический характер. Симптомы отравления сводятся к болям в крестце и нижних конечностях, отекам ног, слабости потенции; в тяжело выраженных случаях наблюдается картина паркинсонизма с согнутым вперед туловищем, маскообразным лицом, повышением мышечного тонуса, иногда слюнотечением, со стороны психики – изменения настроения и характера, отравления хромом – онкологический характер.

Все вредные вещества, попадая в организм через органы дыхания, ведут к пневмокониозам и онкологическим заболеваниям. Влияние металлургического производства на заболеваемость раком легких многократно превышает влияние курения.

Существуют следующие мероприятия по обеспечению ПДК:

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

- инженерные (изменение технологии производства);

- санитарно – гигиенические (контроль за воздухом, средства индивидуальной защиты в соответствии с ГОСТ 12.4.011–89 (2004) «Средства защиты рабочих. Общие требования», вентиляция в соответствии со СНиП 2.04.05–91 (1997) «Отопление, вентиляция и кондиционирование», инструктаж, правильная планировка здания цеха);

- лечебно-профилактические.

ГОСТ 12.1.005–88 (2008) «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

В кислородно-конверторном производстве используют следующие газы: кислород, азот, аргон, природный и доменный газ. Кислород образует взрывоопасные смеси с природным газом, парами бензина, смазочных масел, угольной пылью. Азот нетоксичен, невзрывоопасен, не горит, удушлив. Аргон нетоксичен, невзрывоопасен, не горит, удушлив, чистота 99,9%. Так как газообразный аргон тяжелее воздуха, он может накапливаться в слабо вентилируемых помещениях.

Увеличение концентрации аргона в воздухе снижает содержание кислорода.

При вдыхании чистого аргона человек быстро теряет сознание, если он продолжает находиться в атмосфере аргона, наступает смерть. При пониженном содержании кислорода, уменьшается содержание кислорода в крови. Дыхание становится более глубоким, пульс учащается, появляются ослабление внимания, нарушается мускульная координация. Загазованность природным газом, азотом и аргоном вызывает удушающее действие, нарушаются процессы усвоения кислорода. Высокое усвоение СО гемоглобином крови вызывает образование карбоксигемоглобина крови и нарушение транспорта кислорода.

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64



#### 7.4. Безопасность оборудования

Зона действия конвертера ограждена металлическими щитами, которые закрывают проем между корпусом конвертера и рабочей площадкой. Начало любой технологической операции сопровождается звуковым или световым сигналом. Все операции по управлению конвертерами автоматизированы и производятся с ПУ. Привод конвертера оборудован блокировкой исключения возможности падения, опрокидывания и самопроизвольного смещения конвертера обеспечивается установкой муфт или установкой навесного оборудования.

Прочность характеристики (механическая прочность, жидкотекучесть, коррозионная стойкость и т.п.) установок механизмов обеспечивается специальными мерами для повышения этих свойств (использование жаропрочных материалов, обработка антикоррозийными средствами).

В качестве защиты от теплового излучения применяют теплоизоляции, экранирование, удаление тепла аэрацией. ПУ выполняют из теплоизолирующих материалов (защитный экран, шамотный кирпич). Создание дистанционного управления агрегатами, применение видеонаблюдения позволяет удалить человека от опасной зоны. Рабочие обеспечиваются специальной одеждой, обувью и другими средствами индивидуальной защиты.

Кислородные фурмы оборудованы устройствами, обеспечивающими автоматическое отключение фурм и вывод из рабочего пространства при создании аварийной ситуации.

Открытые движущиеся части оборудования, расположенные на высоте 2,5 м и менее от уровня пола или доступные для случайного прикосновения с рабочих площадей, ограждены сплошными или сетчатыми ограждениями в соответствии с ГОСТ 12.2.062–81 (2008) «Оборудование производственное. Ограждения защитные». Для обслуживания запорной регулирующей и прочей арматуры, а также механизмов отопительных и вентиляционных

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

устройств, расположенных на высоте 2 м и более от уровня пола предусмотрены стационарные площадки и лестницы к ним.

Грузоподъемное оборудование проходит ряд испытаний ПБ 10-382-2000 «Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов».

Все краны проходят освидетельствования (статические и динамические). Цель статического испытания – проверка прочности металлической конструкции и устойчивости против опрокидывания. Кран, выдержавший статическое, подвергается динамическому испытанию нагрузкой, которая на 10 % превышает грузоподъемность крана.

Всё оборудование контролируется Ростехнадзором, на него распространяются требования федерального закона по технике безопасности, в соответствии с которым проходят технические освидетельствования.

#### 7.5. Электробезопасность и защита от атмосферного электричества

В связи с большим количеством металлоконструкций, а также с выделением пыли, газов, и повышенной температуры, к устройству и эксплуатации электроустановок и электросетей предъявляются повышенные требования.

Для того, чтобы сознательно выполнять все требования предупреждения несчастных случаев от поражения электрическим током, рабочие и ИТР должны хорошо знать принципы работы электрооборудования, причины электротравматизма и меры их устранения, а также уметь оказать пострадавшему первую помощь.

Общее электроснабжение цеха осуществляется через цеховую подстанцию, которая служит для подвода, преобразования и распределения электроэнергии в цехе.

Всё оборудование высокого напряжения огорожено сеткой высотой 1,7 м. Шины, расположенные ниже 2,5 м огорожены на высоту 2 м от уровня пола. В цехе применяются напряжения от 12 до 6000 В. Все не токоведущие части оборудования оснащены защитным заземлением.

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для защиты от атмосферного электричества, на здании цеха установлено два стержневых молниеотвода. Молниеотвод состоит из молниеприёмника, токоотвода и заземляющего устройства, обеспечивающего надёжный контакт с землёй.

## 7.6. Промышленная санитария

### **Система вентиляции**

Общепромышленная вентиляция для удаления избытков тепла и газов осуществляется аэрацией. Проточный наружный воздух попадает в цех через проёмы ворот, открывающиеся аэрационные панели и фрамуги, расположенные в наружных стенах. Отработанный воздух удаляется через аэрационные фонари и шахты.

Предусмотрена местная вытяжная вентиляция от бункеров, в местах наклона конвертера в горизонтальное положение, укрытий вибропитателей, тракта сыпучих материалов и тракта ферросплавов. На стендах для сушки ковшей предусмотрена естественная вентиляция.

Предусмотрена вытяжная вентиляция постов управления, машинных залов, циркуляционных насосных, помещений котлов-утилизаторов, трансформаторных помещений, комнат отдыха и других вспомогательных помещений. Проёмы ж/д и а/м ворот оборудованы воздушными завесами с нижней подачей воздуха для подогрева производительностью 150000 м<sup>3</sup>/час.

### **Микроклимат**

Конвертерный цех относится к типу «горячих», т.к. производственные процессы сопровождаются теплоизлучением. Условия труда относятся к III категории (тяжести более 10 кг.).

Место под здание цеха выбрано из условий прямого солнечного освещения, естественного проветривания, свободного отвода сточных и поверхностных вод с подветренной стороны для ветров преобладающего направления по отношению к жилым застройкам.

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Микроклимат в бытовых и производственных помещениях соответствует нормам и достигается следующими мероприятиями:

1. Возможность регулирования аэрации помещений, вентиляции летом + 24,4 °С, зимой принудительный подогрев до +14 °С.

2. Отопление бытовых помещений в холодный период года обеспечивает температуру +23 °С. Теплоснабжение осуществляется от бойлерных ТЭЦ по магистральным трубопроводам. Нормирование микроклимата в зависимости от тяжести выполняемых работ представлено в табл. 11.

Таблица 17. Нормирование микроклимата по категориям тяжести рабочих мест

Период года	Категория	Температура			Влажность		Скорость движения воздуха	
		Оптимальная	Допустимая		Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая
			Пост. раб. места	Непос. раб. места				
Холодный $t < 10\text{ }^{\circ}\text{C}$	III	16–18	13–19	12–20	40–60	75	0,3	$\leq 0,5$
$t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$	III	18–20	15–26	13–28	40–60	75 $t = 24\text{ }^{\circ}\text{C}$	0,4	0,2– 0,6

Фактическая температура на рабочих местах 45–50 °С, что превышает ПДУ и не соответствует СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений», принято до 140 Вт/м<sup>2</sup>. Сталевар при обслуживании крупных печей подвергается облучению до 14 тыс. Вт/м<sup>2</sup>, т.е. в 100 раз превышающую норму. В летний период

температура в конвертерном пролете и на разливочных площадках колеблется от 30 до 60 °С. Температура печного оборудования на разливочных площадках 1500 °С.

Воздействие нагревающего микроклимата остается неблагоприятным фактором современного металлургического производства. В обеспечении теплового равновесия значительная роль принадлежит физической терморегуляции, обеспечиваемой вегетативной нервной и сердечно-сосудистой системами.

В качестве защиты от теплового излучения применяют теплоизоляции, экранирование, удаление тепла аэрацией. ПУ выполняют из теплоизолирующих материалов (защитный экран, шамотный кирпич). Создания дистанционного управления агрегатами, применение видео наблюдения позволяет отдалить человека от опасной зоны.

### **Освещение**

В цехе используется как искусственное, так и естественное освещение. Естественное освещение – комбинированное, предусматривающее верхнее освещение через светоаэрационные фонари и боковое освещение через окна, встроенные наружные стены.

Для освещения цеха в пасмурную погоду и ночные часы в основных производственных пролетах используются искусственное освещение с помощью ртутных ламп. Освещение масляных подвалов и тоннелей осуществляется лампами накаливания. На постах управления конвертерами применяются люминесцентные лампы мощностью 60–100 Вт. Светильники расположены на уровне 3 метров от уровня пола. Нормы освещенности основных производственных участков согласно СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»:

- рабочие зоны сталевара – 200 ЛК;
- пульты управления – 150 ЛК;
- разливочный, конвертерный пролёты – 50 ЛК;
- ж/д пути в цехе – 50 ЛК;

					<i>22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР</i>	Лист
						69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- шихтовый двор – 20 ЛК;
- подсобные и бытовые помещения – 50–100 ЛК.

Периодичность чистки светильников – один раз в месяц. Для освещения железнодорожных путей при въезде в цех на кровле здания установлены прожекторы.

Помимо рабочего в цехе предусмотрено аварийное освещение, предназначенное для бесперебойного обслуживания агрегатов и оборудования в случае выхода из строя рабочего освещения и действующее от независимого источника электроэнергии. Аварийное освещение обеспечивает освещенность на рабочих поверхностях 10% от нормы, установленной для рабочего освещения.

Кроме того, аварийное освещение устраивается в проходных помещениях, пожарных проездах, в коридорах и на лестницах, служащих для эвакуации людей из цеха.

### Шум

Аэродинамические и механические шумы типичны для производства. Чрезмерный шум ограничивает возможное повышение мощности оборудования и отрицательно сказывается на проведении производственных процессов и производительности труда. Источниками шума является работа различных механизмов и оборудования, а также некоторые технологические процессы (табл. 12).

Таблица 18. Источники и значения параметров производственных шумов

Разновидность шумов и вибраций	Источники расположения	Значения параметров
Перевалка лома	Отделение магнитных материалов	До 110 дБА

Окончание таблицы 18

Перевалка ферросплавов и других сыпучих	Узел перегрузки сыпучих, бункера материалов	До 120 дБА
Краны машины для ломки футеровки	Конвертерное отделение	До 75 дБА
Рабочее вентиляционное оборудование, дымососы, газоочистка	Все объекты цеха	До 67 дБА
Ж/д и автотранспорт	–	До 74 дБА
Работа АКОС	Участок АКОС	До 89 дБА
Работа конвертера	Конвертерный пролет	До 63 дБА
Пневмоинструмент (ломка летки)	Огнеупорный участок	До 70 дБА

Шумовые характеристики не удовлетворяют требованиям СН 2.2.4.562-96 «Физические факторы производственной среды» и СН 2.1.8.562-96 «Физические факторы окружающей природной среды» «Шум на рабочих местах, общественных зданий и на территории жилых застроек»

Врачи-гигиенисты определяют три уровня шума: уровень шума в 60–80 дБ – «шумно», при интенсивности шума 90-110 дБ – «очень шумно», более 110 дБ – «невыносимо шумно».

В конвертерном цехе интенсивность шума составляет 80–100 дБ и в отдельные моменты достигает 120 дБ.

В результате воздействия высоких уровней шума появляются постоянный «звон в ушах», «двойная слышимость», когда каждое ухо воспринимает по-разному воспринимает тональность звучания. Причем это наблюдается при низких уровнях интенсивности звука и не ощущается в шумном производстве. Уровень шума выше нормы, поэтому и введена предельно допустимая норма интенсивности шума 80 дБ по ГОСТ 12.1.003–

83 (2008) «Шум. Общие требования безопасности». Для снижения уровня шума в отделении предусмотрены следующие мероприятия:

1. Применение защитных устройств в особошумных участках (шумопоглощающие экраны) в соответствии с ГОСТ 23499–2009 «Материалы и изделия строительные звукопоглощающие и звукоизоляционные. Классификация и общие технические требования»;
2. Беспорядочное использование звуковых сигналов запрещено, применяются сигналы частотой не более 2 кГц. По возможности звуковые сигналы заменяются световыми. Заливка чугуна в конвертер сопровождается сиреной;

Средства индивидуальной защиты (вкладыши, наушники, шлемоны) в соответствии с ГОСТ 12.4.011–89 (2004) «Средства защиты работающих». Общие требования и классификация». Чрезмерный шум мешает правильной организации и проведению производственных процессов, а также отрицательно сказывается на производительности труда, вызывает ослабление внимания, что может привести к несчастному случаю.

### **Вибрация**

В конвертерном цехе имеет место местная вибрация. Санитарными нормами допускается воздействие вибрации не более 50 – 60% рабочего времени.

Вибрация корпуса конвертера и вибрация фурмы во время продувки. Для защиты от вибрации используется виброгасящая обувь и перчатки, а также применяют меры для исключения прямого контакта (по возможности) узлов и механизмов с человеком.

### **Вспомогательные помещения**

Предусмотрены специальные санитарно-бытовые помещения и устройства, включающие: гардеробные, душевые, помещения и устройства для обеспыливания спецодежды, искусственная вентиляция шкафов.

Гардеробная – 2 шт. (мужская, женская).

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Душевые – 2 шт (мужская, женская).

Умывальные – один кран на 10 человек в смену;

Туалеты – 1 туалет на 15 человек в смену.

Устройство питьевого водоснабжения – 1 аппарат на 100 человек.

Что соответствует СНиП «Вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий».

### **Водоснабжение и канализация**

Особое требование предъявляется к воде идущей на пароиспарительное оборудование, она входит в систему чистого оборотного цикла водоснабжения. Вода, используемая в газоочистке относится к системе грязного оборотного цикла.

Для создания нормального питьевого режима рабочих, занятых на горячих работах, рабочие места обеспечиваются доброкачественной водой. Рекомендуемая температура питьевой воды летом: 8 – 12 °С. Расстояние до источников питьевой воды не превышает 50 м от рабочих площадок, 75 м в остальных отделениях. Норма расхода воды на питьевые нужды: 45 л на 1 человека в смену. На бытовые нужды: 500 л/час на 1 лейку душа, 180 – 200 л/час на 1 кран.

Для отвода хозяйственного и производственного стока вод имеются наружные сети канализации, которые соединены с общезаводским коллектором, который в свою очередь соединён с очистными сооружениями, где вода подвергается механической и биологической очистке.

### **Пожарная безопасность**

ККЦ по пожароопасности относится к категории «Г», в зависимости от использования горячих технологических процессов. Здания и сооружения по огнестойкости относятся ко II степени и выполнены из огнеупорного материала (железобетона). Федеральный закон Российской Федерации № 123–ФЗ от 22 июля 2008 г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

ГСМ располагаются в отдельно стоящем здании и расположены на расстоянии 30 м от основного здания. СНиП 2.11.03–93 «Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы». Количество нефтепродуктов (в резервуаре и таре) в помещениях категории Г и Д и зданиях II степени огнестойкости: легковоспламеняющихся – 1 м<sup>3</sup> горючее – 5 м<sup>3</sup>.

На случай пожара в электроустановках, щитах управления и контроля установлены углекислотные огнетушители в количестве 120 штук. В мастерских установлены щиты с противопожарным инвентарем и ящики с песком в количестве 30 шт. Зависит от категории пожара и площади.

Все кабельные шахты оборудованы пожарными дымовыми извещателями. Для тушения возгорания предусмотрены пеногенераторные устройства. Имеется связь с пожарной охраной и план эвакуации рабочих из производственных бытовых помещений. Расход воды во время тушения в зданиях объекта 25 л/с. Расход воды на внутреннее пожаротушение производственных и вспомогательных зданий высотой более 50 м. Число струй 8, расход воды на одну струю 5 л/с.

Использование газового хозяйства соответствует техническому регламенту № 870 от 29 октября 2009 г. «О безопасности сетей газораспределения и газопотребления»

#### 7.7. Охрана окружающей среды

Источниками загрязнения окружающей среды являются в первую очередь конвертора.

#### **Защита воздушного бассейна**

Состав газа, выделяющегося из горловины, обычно изменяется в следующих пределах: 83-89% CO, 9-11% CO<sub>2</sub>, 1,5-5% N<sub>2</sub>, до 3% O<sub>2</sub> и сернистый газ. Отходящие газы содержат до 250 г/м<sup>3</sup> пыли. По санитарным нормам допустимое содержание пыли в газах, выбрасываемых в атмосферу, не должно превышать 100 мг/м<sup>3</sup>, при этом среднесуточная концентрация пыли в приземном слое должна быть ≤0,15 мг/м<sup>3</sup>, поэтому все кислородные

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

конвертеры оборудуются системами отвода и очистки отходящих газов (степень очистки должна быть 99.9%).

За основными источниками загрязнения предусмотрены устройства газоочистных сооружений.

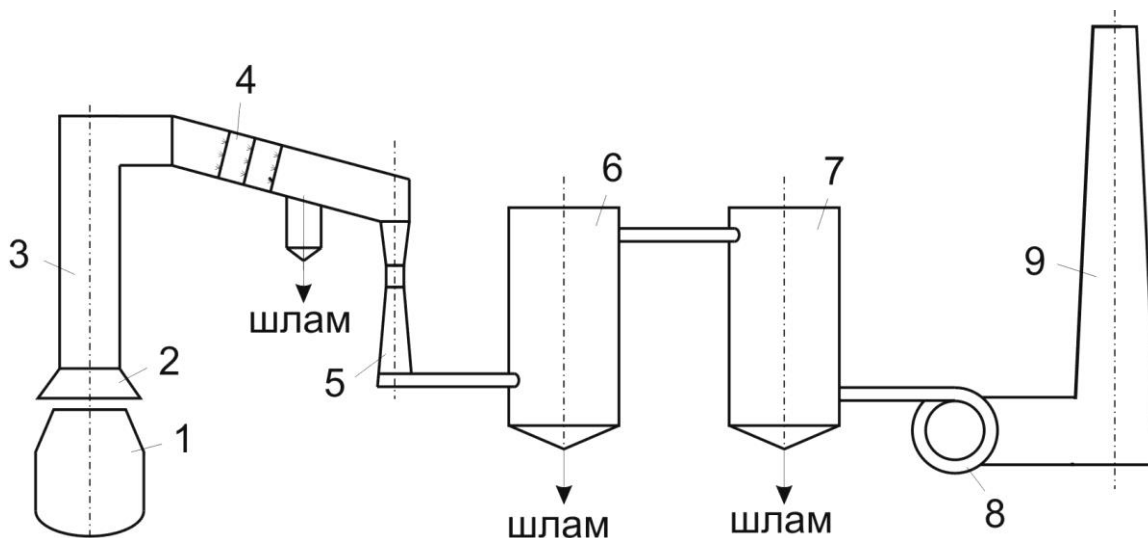


Рисунок 7 – Схема газоочистки:

1 – конвертер; 2 – юбка котла-охладителя; 3 – котел-утилизатор; 4 – орошаемый газопровод; 5 – труба Вентури; 6 – каплеуловитель №1; 7 – каплеуловитель №2; 8 – нагнетатель; 9 – дымовая труба.

Газоочистка представляет собой три ступени очистки газов от пыли и окончательного их охлаждения перед нагнетателем. Первая ступень – котел-охладитель ОКГ-160 – служит для предварительного охлаждения газов и улавливания крупных фракций пыли. Вторая ступень – орошаемый газопровод – предназначена для окончательного охлаждения газов. Третья ступень – прямоугольная высоконапорная труба Вентури для тонкой очистки газов от мелкодисперсной пыли. Улавливание капель на влаге происходит после окончательной очистки газов с помощью каплеуловителей, после чего очищенные конвертерные газы направляются через нагнетатель в дымовую трубу и далее в атмосферу. Запылённость газов после газоочистки 80...100 мг/м<sup>3</sup>, что соответствует стандартным нормам.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР

Лист

75

Существующая газоочистка позволяет справиться с очисткой газов в допустимых пределах при интенсивности продувки плавки кислородом до 500 м<sup>3</sup>/мин.

В процессе газоочистки, водой улавливаются твердые частицы шлама, перекачиваются в виде пульпы в радиальные отстойники для первичного сгущения. После чего пульпа поступает в шламонакопитель. После шламонакопителя шлам обезвоживается и автомашинами транспортируется на аглофабрику.

Химический состав шлама:

Fe<sub>общ</sub> – 90,2 %

MnO – 2 %

MgO – 0,5 %

CaO – 4,5 %

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,15 %

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,1%

Количество шлама, выделяемого газоочисткой ККЦ – 14,5 м<sup>3</sup>/ч.

#### **Защита водного бассейна**

Сточные воды ККЦ содержат взвешенные вещества, нефтепродукты, кислоты, щелочи, соли, фенолы, цианиды.

Водоснабжение ККЦ осуществляется от одноименной локальной оборотной системы, как условно чистой, так условно грязной воды.

Отвод сточных вод осуществляется через пруды – осветлители в реку Миасс. Сброс воды составляет 900 м<sup>3</sup>/ч.

К основным мероприятиям по защите водоемов от загрязнения относятся:

- организация водоснабжения по циркуляционной системе;
- мероприятия по обессоливанию химически загрязненных вод установками обессоливания. Производительность одной 30 – 60 м<sup>3</sup>/ч., процент удаления солей из воды составляет до 99,5%.

#### **Производственные отходы и методы их утилизации:**

К основным отходам относятся:

(на 1 тонну стали)

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Шлак – 88,7 кг.; III класс опасности
- Обрезь – 0,2 кг.; IV класс опасности
- Шлам – 19,7 кг.; IV класс опасности
- Окалина – 2,5 кг.; IV класс опасности

Утилизация отходов:

Шлак вывозится на шлакоотвалы на территории комбината и оттуда попадает в цех переработки шлака и переработки шихты.

Окалину и обрезь в обезвоженном виде используют в виде шихты.

#### 8. Гражданская оборона и чрезвычайные ситуации

К средствам гражданской защиты относятся наличие в здании бомбоубежища, индивидуальных средств защиты (противогазы, защитные костюмы) в соответствии с ГОСТ 12.4.041-89 (1997) ССБТ «Средства индивидуальной защиты органов дыхания фильтрующие. Общие технические требования», наличие аптечек и средств противопожарной защиты.

В цехе в целях обеспечения соблюдения требований действующих норм и правил пожарной безопасности, приказов и распоряжений собственников предприятий (работодателей), проведения мероприятий по предупреждению и тушению пожаров создаются добровольные пожарные дружины по числу рабочих смен. Так же создаётся аварийная бригада из числа рабочих для локализации и ликвидации последствий нештатных чрезвычайных ситуаций.

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

## Заключение

В результате проведённой квалификационной работы был разработан кислородно-конвертерный цех для производства рельсовой стали производительностью 1,5 миллиона тонн стали в год в условиях Южного Урала.

В квалификационной работе приведено описание цеха, расчёт основного и вспомогательного оборудования, технология производства сплава, расчёт материального баланса. Рассмотрены вопросы: технология внепечной обработки рельсовых сталей, а так же охрана труда и техника безопасности.

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

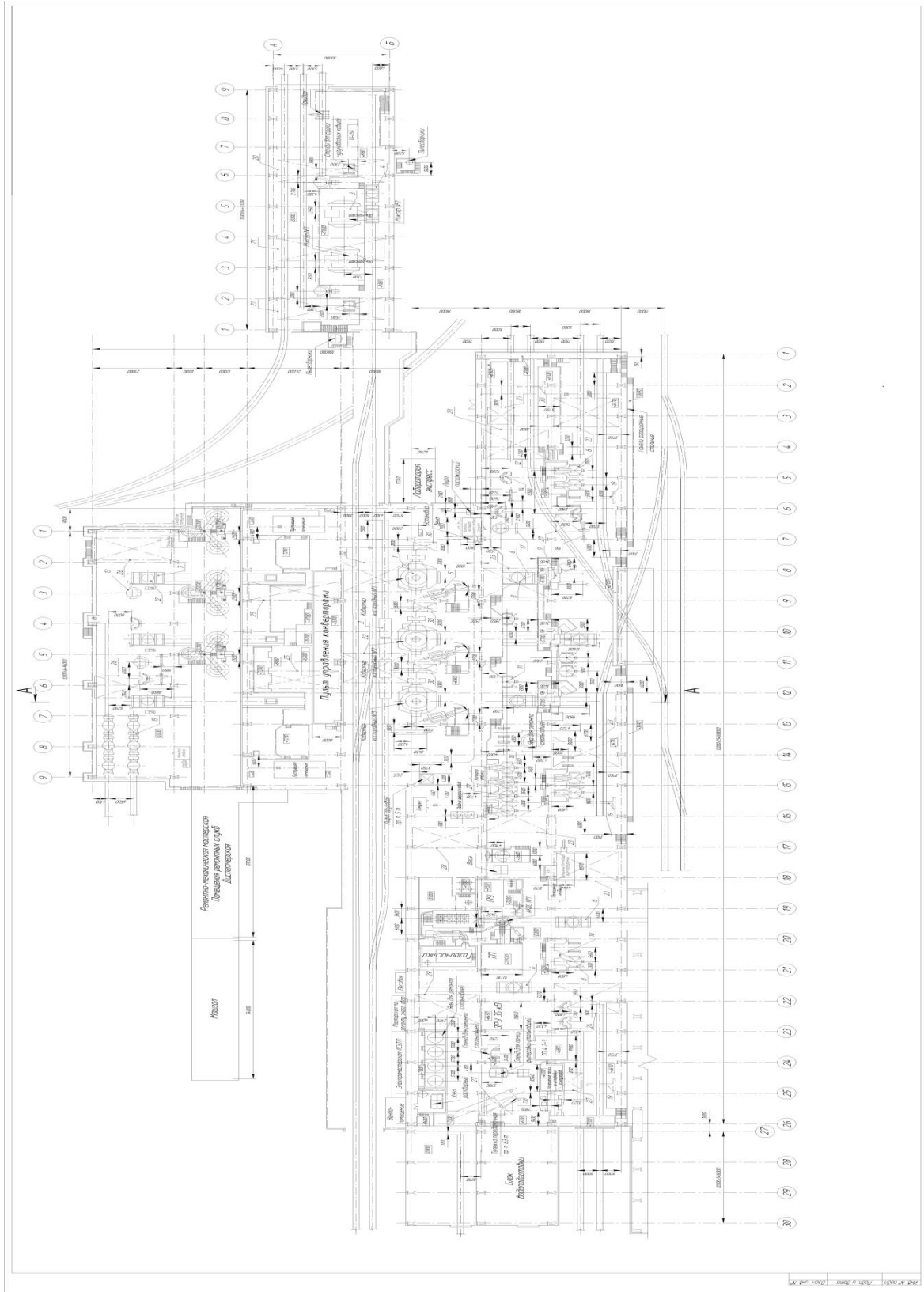
## Литература.

1. Производство стали - А.В Роцин, Д.Я. Поволоцкий, В.П. Грибанов - Челябинск 2006. 72 с.
2. Воскобойников В.Г. и др. Общая металлургия - 6-изд., перераб. и доп. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2005 - 768 с.
3. Поволоцкий Д.Я., Роцин В.Е., Рысс М.А. и др. Электрометаллургия стали и ферросплавов. - М.: Металлургия, 1974.- 551с.
4. Кудрин В. А. Теория и технология производства стали: Учебник для вузов. — М.: «Мир», ООО «Издательство АСТ», 2003.— 528с.
- 5.Сборник инструкций по охране труда и промышленной безопасности для огнеупорщиков УРМП, работающих на огнеупорном участке ККЦ - Челябинск: 2005. 26 с

					22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

# Приложение А

## «План цеха»



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР

Лист

80



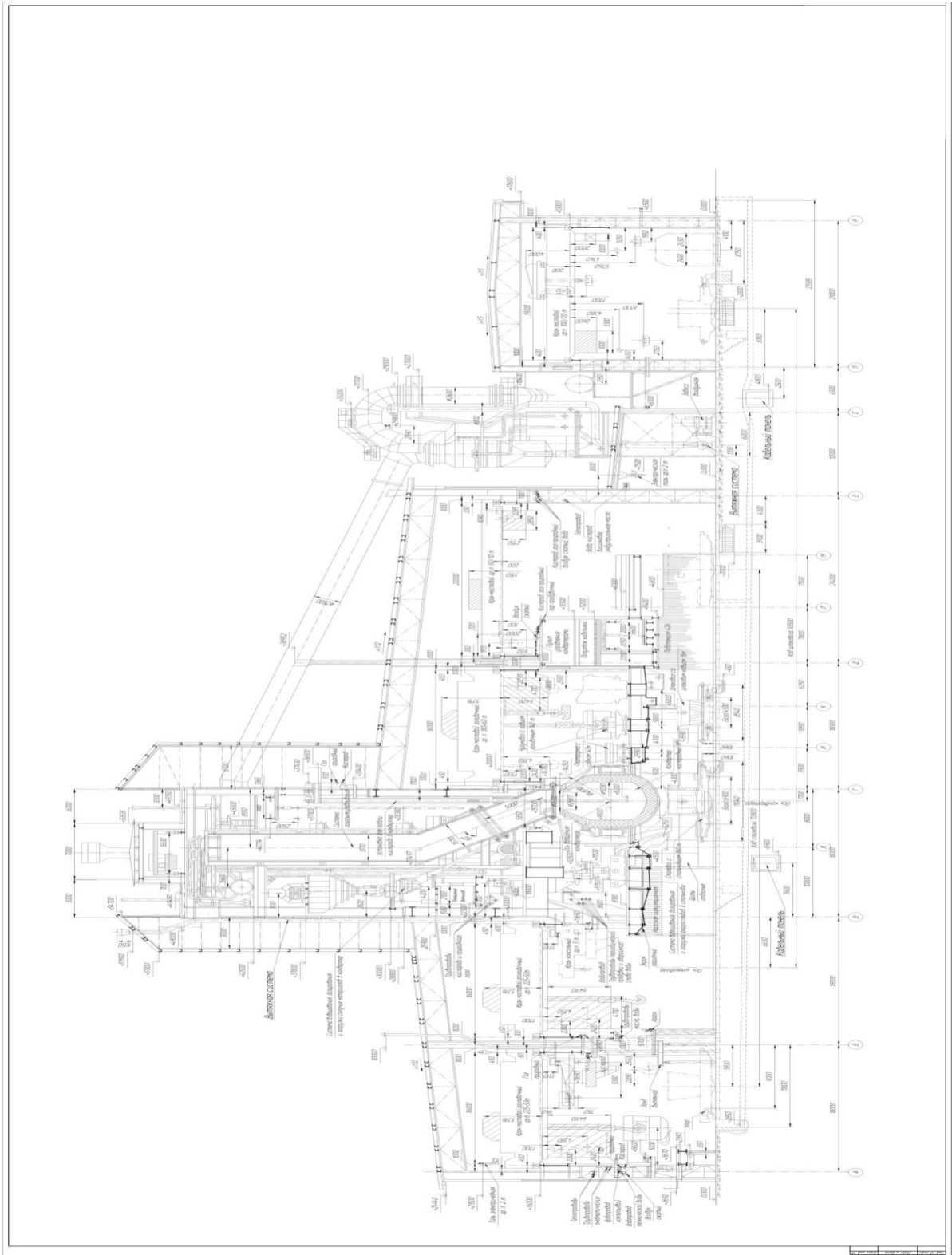
Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
			.
	<u>Сборочные единицы</u>		
1	Конвертер	3	
2	Платформа для перевозки совков	10	Объем совков 20м <sup>3</sup>
3	Миксер	4	Емкость 1600т
4	Чугуновоз	2	
5	Система прокаливания и подачи ферросплавов в стальковш	3	
6	Сталевоз с электроприводом	3	
7	Шлаковоз с электроприводом	2	
8	Сталеразливочный ковш	32	
9	Установка для продувки стали в ковше аргоном	3	
10	Стенд с манипулятором для навешивания шибера	6	
11	Стенд для сушки стальковшей с азратором	4	
12	Стенд для сушки стальковшей с горелкой	8	
13	Чаша шлаковая	15	Объем 16м <sup>3</sup>
14	Стойка для чаш шлаковых	12	
15	Шлаковоз	3	
16	Стойка для траверсы	4	
17	Стенд-лежак	1	
18	Установка для охлаждения стальковшей	1	
19	Кран поворотный одноблочный	1	гр.п. 2т
20	Кран мостовой заливочный	1	гр.п. 225+50т
21	Кран мостовой заливочный	2	гр.п. 180+50т
22	Кран мостовой заливочный	2	гр.п. 180+63т
23	Кран мостовой разливочный	2	гр.п.130+50т
24	Кран мостовой разливочный	1	гр.п.225+63/20т
25	Кран мостовой	2	гр.п. 50/10т

					<b>НАЗВАНИЕ ДОКУМЕНТА</b>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.					Лит.	Лист	Листов
Провер.						72	82
Реценз							
Н. Контр							
Утверд							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР		Лист
							81



# Приложение Б

## «Разрез цеха»



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

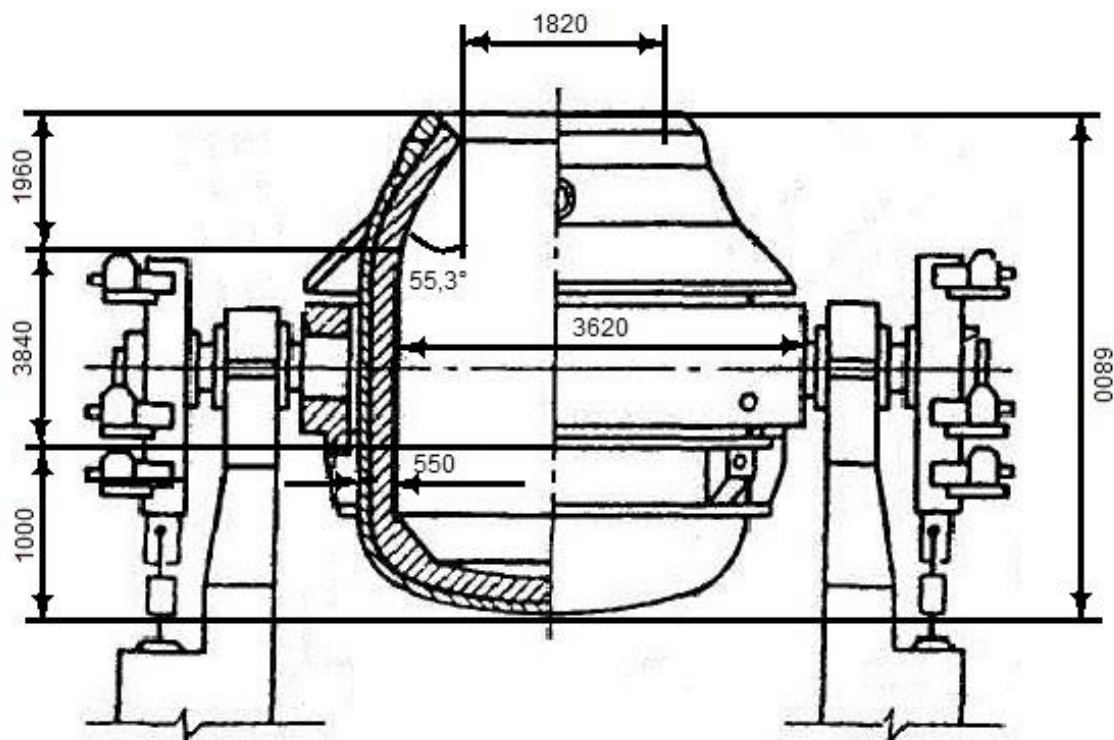
22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР

Лист

83

## Приложение В

### «Плавильный агрегат»



Наименование размера	Значение
$D_{\text{вн}}$	3,62м
$H_{\text{вн}}$	6,80м
$D_{\text{г}}$	1,82м
$h_{\text{в}}$	1,00м
$R_{\text{дн}}$	3,93м
$\alpha$	55,3°
$t_{\text{ст}}$	0,55м
$H_{\text{цил}}$	3,84м
$H_{\text{кон}}$	1,96м

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР

Лист

84



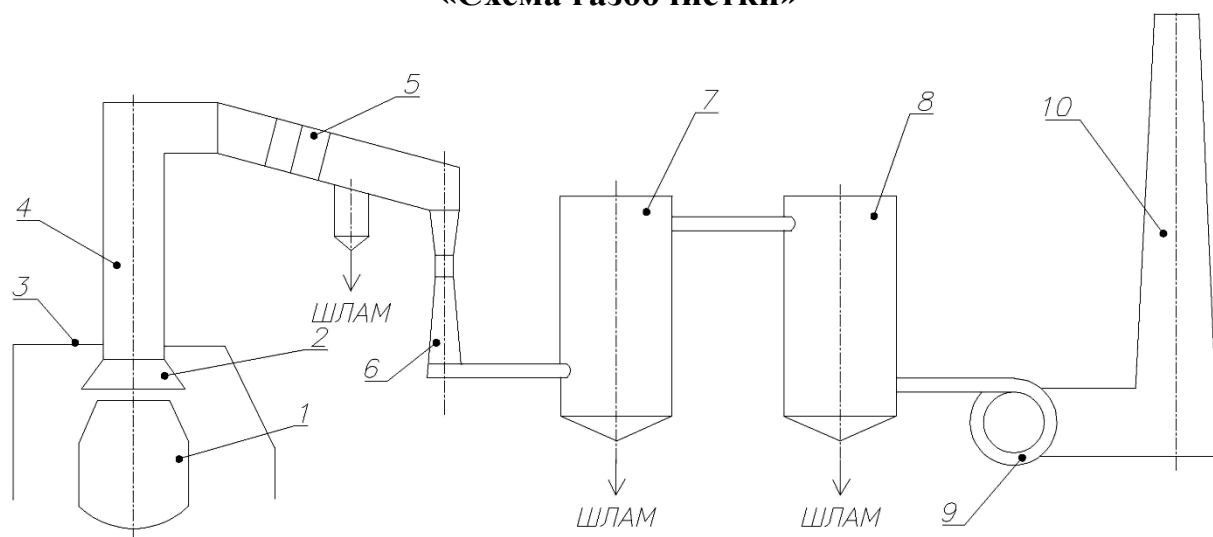
## Приложение Д

### «Результаты расчётов материального баланса»

Поступило, кг		Получено, кг	
Чугун	76,000	Жидкая сталь	94,118
Стальной лом	24,000	Шлак	10,443
Известь	6,000	Газы	6,562
Миксерный шлак	0,500	Пыль	1,36
Футеровка (суммарно)	0,582	Невязка	0,166
Кислород	5,235		
Итого	112,317	Итого	112,317

## Приложение Е

### «Схема газоочистки»



1 – кислородный конвертер, 2 – юбка котла-утилизатора, 3 – корпус камеры,  
4 – котел утилизатор, 5 – орошаемый газоход, 6 – труба Вентури, 7,8 –  
каплеуловитель, 9 – нагнетатель, 10 – дымовая труба

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР

Лист

87

## Приложение Ж

### «Иллюстрации к специальной части»

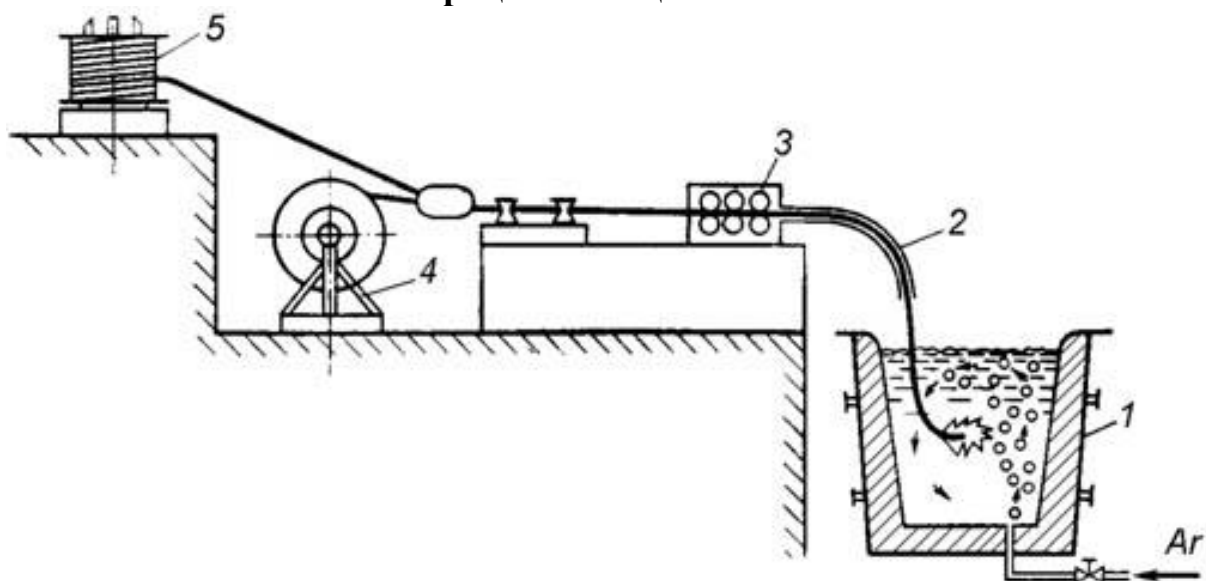


Схема ввода порошковой проволоки:

1 – ковш; 2 – направляющая труба; 3 – трайбаппарат; 4 – разматывающее устройство; 5 – бухта порошковой проволоки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР

Лист

88



Усвоение ванадия при легировании рельсового металла ванадиевым шлаком и феррованадием.

Таблица N 1

Вид легирования	Кол-во плавков	Расход, кг ван-шлака		Кол-во вносимого ванадия, %	Сод-е ост. ванадия, %	Сод-е ванадия в гот-стали, %	Усвоение ванадия, %
с ванадиевым шлаком	160	600	-	0,033	0,010	0,042	97
с FeV (прототип)	756	-	110	0,033	0,010	0,043	98

Сравнительная характеристика рельсов из конверторной стали легированной FeV и ванадиевым шлаком.

Таблица N 2

Вид легирования	Кол-во плавков	C	Mn	Si	P	S	V
с ванадиевым шлаком	160	0,757	0,930	0,359	0,023	0,015	0,042
с FeV (прототип)	756	0,762	0,920	0,363	0,023	0,013	0,043

Мех. св-ва рельсов в горячекатанном состоянии

Таблица N 3

Вид легирования	Кол-во плавков	Ст, МПа	Св, МПа	, %	, %
с ванадиевым шлаком	160	588	1007	7,6	14,0
с FeV (прототип)	756	601	1005	6,9	11,6

Мех. св-ва рельсов в термообработанном состоянии

Таблица N 4

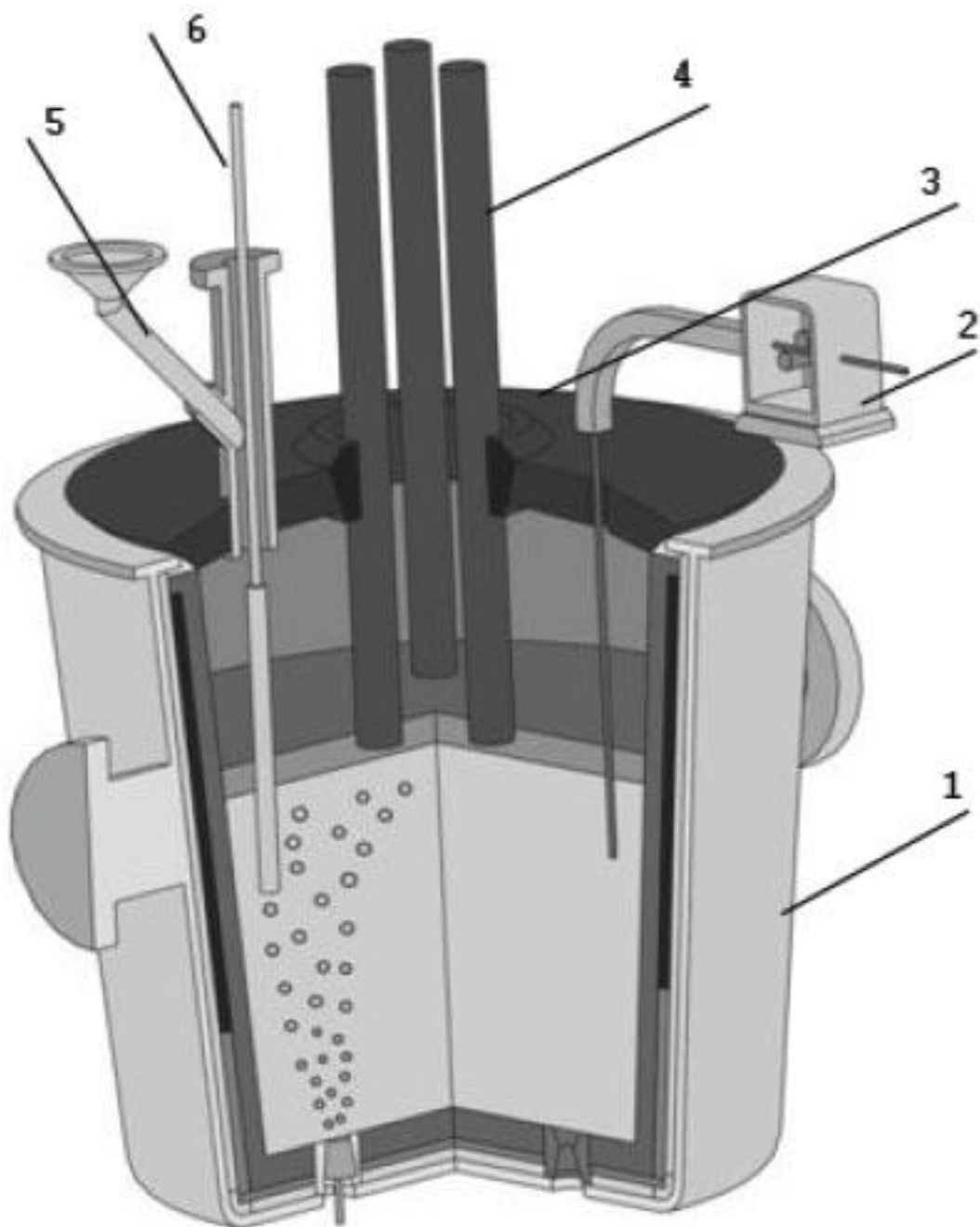
Вид легирования	Кол-во плавков	Ст, МПа	Св, МПа	, %	, %	KCU, МДж/м
с ванадиевым шлаком	160	940	1310	11,3	28,7	0,30
с FeV (прототип)	756	921	1298	10,9	29,7	0,31

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР

Лист

89



Общая схема установки ковш-печь: 1 - Сталеразливочный ковш; 2 - Трайб-аппарат; 3-Свод агрегата ковш-печь; 4-Графитированные электроды; 5- Воронка подачи сыпучих, 6. Аварийная фурма

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР

Лист

90

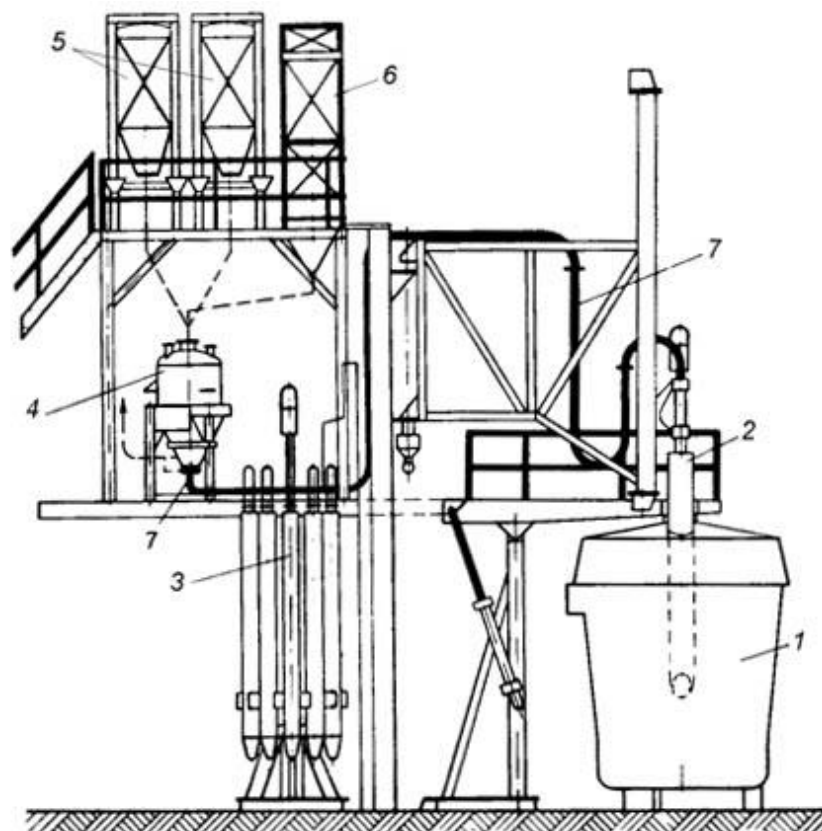


Рис. Схема установки для вдувания в металл порошкообразных материалов:  
 1 – ковш, накрытый крышкой; 2 – фурма; 3 – карусельная установка с  
 запасными фурмами; 4 – расходный бункер; 5 – накопительные бункера; 6 –  
 пылеулавливающая установка; 7 – трубопроводы для подачи порошков от  
 расходного бункера к фурме.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

22.03.02.2019.058.00.00 ПЗ ВКР

Лист

91