

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
д.т.н., профессор
_____/Б.А. Кулаков/
« ____ » _____ 2017 г.

**ЦЕХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОСИЛИЦИЯ В КОЛИЧЕСТВЕ 125 ТЫС.
ТОНН В ГОД В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО УРАЛА**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР

Руководитель проекта
Ст. преподаватель
(должность)
_____/Салихов С.П. /
(подпись) (И.О. Ф.)
« ____ » _____ 2017 г.

Автор проекта
студент группы П-437
_____/Воронина В.Ю./
(подпись) (И.О. Ф.)
« ____ » _____ 2017 г.

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

АННОТАЦИЯ

Воронина В.Ю. Цех для производства ферросилиция в количестве 125 тысяч тонн в год в условиях Южного Урала – Челябинск: ЮУрГУ, П-437; 2017, 70 с., 3 ил., библиогр. список – 7 наим., 6 листов – графического материала ф. А4.

Целью дипломного проекта является разработка цеха для производства ферросилиция производительностью 125 тысяч тонн в год в условиях Южного Урала.

В дипломном проекте описаны технико-экономическое обоснование и представлено описание цеха, приведены расчеты основного и вспомогательного технологического оборудования, расчеты материального баланса производства сплава, изложена технология производства сплава.

Произведен выбор рациональной схемы утилизации пыли производства ферросилиция. Установлены требования к охране труда и технике безопасности.

					<i>ЮУрГУ–22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР</i>					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Цех для производства ферросилиция в количестве 125 тыс. тонн в год в условиях Южного Урала					
<i>Разраб</i>		Воронина В.Ю.						<i>Литера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров</i>		Салихов С.П.						у	3	65
<i>Н. Контр.</i>		Карпинский						ЮУрГУ Кафедра ПМиЛТ		
<i>Утв</i>										

Челябинск 2017г.

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНОГО РЕШЕНИЯ.....	9
2 ОПИСАНИЕ ЦЕХА (УЧАСТКА)	
2.1 Отделение шихтоподготовки.....	13
2.2 Плавильный корпус.....	15
2.3 Склад продукции.....	17
3 РАСЧЕТ ОСНОВНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ	
3.1 Расчет количества оборудования отделения шихтоподготовки.....	19
3.2 Расчет количества оборудования Плавильного корпуса.....	25
4 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СПЛАВА.....	33
5 РАСЧЕТ МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА ПРОИЗВОДСТВА СПЛАВА.....	37
6 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ. УТИЛИЗАЦИИ ПЫЛИ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОСИЛИЦИЯ.....	48
7 ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ.....	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	60
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	61
ПРИЛОЖЕНИЯ	
ПРИЛОЖЕНИЕ А. СХЕМА ЦЕХА.....	62
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. РАЗРЕЗ ЦЕХА.....	63

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

ПРИЛОЖЕНИЕ В. ПЛАВИЛЬНЫЙ АГРЕГАТ.....	64
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ.....	65
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. СХЕМА ГАЗООЧИСТКИ.....	66

ВВЕДЕНИЕ

Ферросилиций – сплав, основными компонентами которого являются железо и кремний (среднее содержание Si 90, 75, 65, 45, 25 и 18%, остальное Fe и примеси). Для производства ферросилиция используется недорогое, но богатое кремнеземом сырье, с максимально высоким содержанием кварца и минимальным содержанием вредных примесей. Кремний – металлоид по химическим свойствам. В жидком состоянии кремний и железо неограниченно взаимно растворимы, а в твердом – образуют силициды с различными соотношениями Fe/Si. Поэтому следует ответственно подходить к выбору кварцевой руды.

Благодаря своим физико-химическим показателям и свойства, а также за счет сравнительно невысокой стоимости, по сравнению с более чистыми аналогами, ферросилиций получил широкое применение в литейной и металлургической промышленности. Чем выше процентное содержание кремния в сплаве ферросилиция, тем его плотность ниже. Основным свойством ферросилиция является повышение твердости конечного сплава. Его также применяют как раскисляющую и легирующую добавку при выплавке различных сталей и сплавов. Кремний, входящий в состав ферросилиция, повышает твердость стали, предел текучести и упругости, увеличивает ее сопротивление окислению и разрыву.

Ферросилиций используют в качестве легирующей добавки при выплавке и модифицированию чугуна. При выплавке чугуна применяют ферросилиций вместе с углеродом. Углерод и ферросилиций повышают содержание углерода и кремния в жидком чугуне, что дает возможность увеличить добавление стального лома взамен чугуна или доменного чугуна до 30 процентов. Добавка ферросилиция является важным компонентом производства тонкостенного

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

чугунного литья, так как позволяет увеличить температуру чугуна от 50 до 800 градусов и исключает образование такого дефекта отливок, как «отбел».

Электротехническая промышленность использует ферросилиций для увеличения физико-химических характеристик электротехнических сталей. Ферросилиций используют и в производстве пружинно-рессорных сталей.

В химических технологиях ферросилиций используется для получения кремнийорганических соединений, взрывчатых веществ и др[1].

Производство и потребление

Мировое производство ферросилиция за период с 2000 г. по 2013 г. выросло в 2 раза с 4 млн. т в год до 8 млн. т.

Основной объем ферросилиция используется при выплавке стали.

За период с 2004 г. по 2013 г. мировое производство стали выросло в 1,5 раза с 1063 млн. т до 1606 млн. т, при этом производство ферросилиция выросло за тот же период в 1,4 раза, что говорит о снижении удельного потребления сплава при производстве стали.

По данным USGS (Геологической службы США), мировое производство ферросилиция в 2002 – 2013 гг. выросло почти вдвое. В 2010 – 2013 гг. объем производства ферросилиция (в пересчете на 75% Si) составлял 7,8...7,9 млн. т, что соответствует 5,9 млн. т в пересчете на содержание кремния[2].

Китай является мировым лидером в производстве ферросилиция. В 2012 году в Китае было произведено 4,8 млн. тонн, в период 2002 – 2012 гг. Китай за последние годы увеличил производство ферросилиция в 2,4 раза. Таким образом, на долю китайских предприятий приходится 63...67% всего произведенного ферросилиция.

Россия, значительно уступая в производстве Китаю, тем не менее, занимает второе место по мировому производству ферросилиция. Россия является одним из основных мировых производителей и экспортеров ферросилиция. Объем производства кремниевых ферросплавов в стране в последние годы превышает 1 млн. т, при этом более 60% продукции российские производители поставляют на внешний рынок.

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

В тройку лидирующих производителей ферросилиция входят США с годовыми объемами производства около 200...220 тыс. тонн.

Украина и Казахстан входят в десятку ведущих стран-производителей ферросилиция. При этом производство в Украине в последние годы снизилось в два раза: в 2002 году было произведено 336 тыс. тонн ферросилиция, в 2006 чуть более 136 тыс. тонн. В 2007 году производство ферросилиция в Украине составило около 180 тыс. тонн. Производство ферросилиция в Казахстане относительно стабильно и в последние годы оценивается на уровне 100...130 тыс. тонн[2].

Основными производителями ферросилиция в России являются:

- ОАО "Кузнецкие ферросплавы" (КФ, г.Новокузнецк Кемеровской области);
- ОАО "Серовский завод ферросплавов" (СЗФ, г.Серов Свердловской области);
- ОАО "Челябинский электрометаллургический комбинат" (ЧЭМК, г.Челябинск)
- ООО "Братский завод ферросплавов" (БЗФ, г.Братск Иркутской области).

Среди регионов России в 2012 году крупнейшим потребителем ферросилиция российского производства стала Челябинская область. Всего в Челябинскую область, по данным статистики ж/д перевозок, российскими производителями было отгружено более 68 тыс. тонн ферросилиция, или 25% от общих поставок на внутренний рынок. На втором месте Свердловская область – почти 35 тыс. тонн ферросилиция, или 13%, на третьем – Вологодская область – более 32 тыс. тонн ферросилиция, или 12%. В числе крупнейших регионов-потребителей также Кемеровская (23,5 тыс. тонн) и Волгоградская (13,7 тыс. тонн) области. В остальные регионы российскими производителями в 2012 году отгружено более 95 тыс. тонн ферросилиция, или 36% от общих поставок на внутренний рынок[2].

Целью данной квалификационной работы является обоснование проектного решения по размещению цеха для производства ферросилиция в количестве 125 тысяч тонн в год в условиях Южного Урала. Для достижения данной цели ставим следующие задачи:

- сделать технико-экономическое обоснование проектного решения;

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

- рассчитать основное и вспомогательное технологическое оборудование цеха для производства ферросилиция;
- представить технологию выплавки сплава;
- рассчитать материальный баланс производства сплава;
- привести технологическую схему производства сплава.

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНОГО РЕШЕНИЯ

Наиболее подходящим местоположением цеха для производства ферросилиция в количестве 125 тысяч тонн в год является город Бакал. Он располагается в Саткинском районе Челябинской области.

Расположение цеха для производства ферросилиция в данной местности положительно скажется на развитии в нем ферросплавного производства в связи с нижеперечисленными факторами:

Рудные запасы кварцита на территории Бакала

В настоящее время в структуру предприятия ООО «Бакальское рудоуправление» входят два больших участка – Бакальский и Сосновский, которые находятся в составе рудника с открытым способом разработки. Кроме залежей железной руды, месторождение характеризуется значительными запасами кварцитов, пригодных к использованию в производстве ферросплавов. Бакальский кварцит имеет довольно высокое качество, содержание $\text{SiO}_2=97\%$, так же кварцит богат содержанием глинозема ($\text{Al}_2\text{O}_3=1,16\%$). Бакальский кварцит активно используют металлургические центры страны для производства ферросплавов.

Использование восстановителя

В качестве восстановителя при производстве целесообразно использовать кокс. Город Бакал находится вблизи Челябинска, откуда и возможна транспортировка кокса, пригодного для ферросплавного производства. Челябинский кокс отвечает требованиям по химическому составу и широко применяется в металлургии в качестве восстановителя.

Использование металлической стружки

Использование металлической стружки необходимо для выплавки ферросилиция. В основном используют стружку инструментальной стали (например, У-9). «Усть-Катавский вагоностроительный завод имени С.М. Кирова» является отличным

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

источником данного материала. Усть-Катав находится от Бакала в пределах 70 км. Это положительно скажется на экономике предприятия.

Энергия для функционирования ферросплавного производства

Для обеспечения ферросплавного производства в городе созданы все условия для бесперебойного электрического питания цеха для производства ферросилиция. В Бакале находится электростанция, которая принадлежит компании ПАО «Челябэнергосбыт». Поэтому нехватка ресурсов для производства ферросилиция в электроэнергетике невозможна.

Водное обеспечение цеха

В качестве водных ресурсов возможно использование реки Большой Бакал, который находится вблизи границы города. Целесообразно использовать водоем для нормальной непрерывной работы цеха по производству ферросилиция.

Рабочие кадры

В городе обеспечена подготовка рабочих кадров в сфере тяжелой промышленности. Активно функционирует «Бакальский техникум профессиональных технологий и сервиса». Город находится в близости к Челябинску, где готовят кадры высшие учебные заведения в сфере металлургии. Кафедра «Металлургия и литейное производство» НИУ «Южно-Уральского государственного университета» каждый год выпускает ряд квалифицированных инженеров и бакалавров, которые готовы посвятить себя развитию ферросплавного производства в городе Бакал.

Территориальное расположение предприятия

Город Бакал находится в близости к металлургическим центрам Урала. Расстояние до Челябинска составляет примерно 200 км, до Магнитогорска – 370 км, город Серов на расстоянии 680 км. Близкое расположение к таким металлургическим предприятиям как «Челябинский металлургический комбинат», «Магнитогорский металлургический комбинат», «Челябинский электрометаллургический комбинат» благоприятно скажется на экономике ферросплавного цеха. Нехватка в заказах не будет наблюдаться, к тому же

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

затраты на транспортировку будут минимальны, т.к. возможен перевоз продукции автотранспортом, который значительно дешевле железнодорожного транспорта.

Актуальность строительства цеха для производства ферросилиция в городе Бакал обусловлена следующими факторами:

1. Шихтовые материалы для производства ферросилиция (кварцит, кокс, стальная стружка) находятся в пределах 250 км, что исключает большие финансовые затраты на транспортировку материала.
2. Цех в городе будет обеспечен энергетическими, водными и кадровыми ресурсами, что позволит работать предприятию на высоком уровне.
3. Бакал находится в непосредственной близости к металлургическим центрам Урала, это положительно скажется на финансовых доходах предприятия, т.к. центры постоянно нуждаются в ферросплавах.

Учитывая рассмотренные выше факторы, можно сделать вывод, что построение цеха для производства ферросилиция в городе Бакал является правильным решением, которое приведет к росту и процветанию металлургической отрасли на Южном Урале.

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

2. ОПИСАНИЕ ЦЕХА (УЧАСТКА)

Выплавка ферросилиция проходит в дуговых руднотермических печах электропечным способом. Плавка ведется непрерывным способом. Ферросилиций в основном выплавляют в печах больших и средних мощностей. Цехи с круглыми печами большой мощности были построены в 70 – 80-е г.г. и оборудованы круглыми закрытыми печами мощностью 33...63 МВА для выплавки ферросилиция и феррохрома. Цех состоит из печного и разливочного пролетов, аэрационный фонарь расположен на стыке пролетов. Такой цех способен обеспечить нормальные условия труда. Достигнута максимальная возможность к автоматизации и механизации ферросплавного производства.

Руднотермические печи применяются для выплавки ферросплавов карботермическим способом. Цехи ферросплавного производства выполняют чаще всего многопролетными. Помимо печного пролета в цехе предусматривают разливочный, трансформаторный, также иногда одноэтажные шихтовые и разделочные пролеты.

Высота пролета выполняется разной, увеличение высоты разливочного пролета до уровня печного не практикуется. Печные трансформаторы устанавливают в цехе на оборудованной площадке, находящиеся в непосредственной близости от печей, вынос на эстакаду не предусмотрен. Горячий воздух из цеха удаляется через специальные шахты. В ряде цехов сплав разливают не в плавильном корпусе, а в специальных постелях, расположенных вне цеха вдоль стены разливочного пролета.

Производственный процесс в цехе по получению ферросилиция включает три последовательные стадии: подготовку шихтовых материалов, плавку подготовленной шихты в рудовосстановительных печах, разливку и разделку готового сплава. В соответствии с этим современный цех по производству ферросилиция состоит из отделения шихтоподготовки, плавильного корпуса и склада готовой продукции.

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

2.1 Отделение шихтоподготовки

Отделение шихтоподготовки ферросплавного цеха предназначено для хранения, подготовки и дозирования шихтовых материалов.

Хранение шихты

Шихтовое хозяйство ферросплавного цеха, оборудованного мощными рудовосстановительными печами с централизованным обеспечением шихтой, включает напольный закрытый склад сырых шихтовых материалов, корпус вагонопрокидывателей, корпус подготовки материалов, корпус шихтовых бункеров с подготовленными материалами, дозирочные отделения. Используется закрытый грейферный склад с железнодорожной колеей, проходящей посередине склада. Корпус вагонопрокидывателей представляет собой здание ангарного типа с двумя сквозными железнодорожными путями, на каждом из которых установлен роторный стационарный вагонопрокидыватель. С помощью вагонопрокидывателя материал из вагона выгружается в подземные бункеры, оборудованные тарельчатыми питателями, и далее конвейерами большой производительности направляется на закрытый склад сырых материалов. В корпусе закрытого склада не имеется железнодорожного въезда, склад оборудован грейферными кранами, с помощью которых материал подается в корпус подготовки материалов.

В корпусе подготовки материалов установлено необходимое оборудование: сушильное, дробильное и классифицирующее. Для дробления кокса используют: 4х-валковые дробилки 13Д 900/700 с диаметром валков 900 мм, разгрузочной щелью 0...50 мм, производительность составляет 35 т/ч. Для кварцита – конусные дробилки ККД-500 с разгрузочной щелью 75 мм, производительность составляет 150 т/ч. Для стружки используют стружкодробилки СМ-2 с разгрузочной щелью 25 мм, производительностью равной 1,5...5 т/ч.

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

При сортировке коксика применяют вибрационный грохот ГВР-1, производительность которого составляет 70 м³/ч; для кварцита используют инерционный грохот производительностью 300 т/ч. Транспортные пути восстановителя (коксика) и рудного материала (кварцита) во избежание их преждевременного перемешивания из-за просыпа во время разрыва ленты не должны пересекаться. Шихтовые материалы из корпуса подготовки материалов поступают в корпус шихтовых бункеров, где с помощью реверсивных конвейеров и системы передаточных конвейеров распределяются по дозирочному отделению плавильных цехов.

Дозирования шихты

На ферросплавном заводе применяется непрерывное дозирование шихты. На складе хранения шихты подготовленные шихтовые материалы загружают в отдельные для каждой печи дозирочные установки, которые оборудованы автодозаторами. Затем компоненты, образующие калошу шихты, погружают на конвейер и транспортируют в плавильный корпус цеха к печам.

При непрерывном дозировании составляющие шихты выдаются ленточными автоматическими дозаторами непрерывного действия, функционирующие с заданной производительностью. Для непрерывного дозирования используют дозаторы типа ДН-23, производительность которых составляет 65 т/ч (для коксика), 100 т/ч (для кварцита), 125 т/ч (для стальной стружки). С помощью электронного регулятора соотношений соответствующее требуемому соотношению навесок компонентов в калоше шихты при одновременном дозировании заданное соотношение производительностей всех работающих дозаторов соблюдается постоянным. На ленте компоненты шихты, дозируемые одновременно в заданном соотношении, располагаются в виде слоя смешанных материалов. При поступлении в печные бункера шихта представляет собой однородную смесь с необходимым по требованиям соотношением компонентов шихты.

Подача шихты в печь

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Применяется линейная подача дозированной шихты в печные бункеры. Первоначально шихтовые материалы дозируемые непрерывно при линейной подаче поступают на горизонтальный конвейер, далее материалы подаются на шихтовую площадку плавильного корпуса с помощью наклонного конвейера, откуда перегружаются на конвейер, расположенный вдоль цеха, с которого уже с помощью плужковых сбрасывателей каждый компонент шихты выгружается в отдельные бункеры печного пролета. Под бункерами расположен монорельс, по которому движется тележка с тензометрическими весами. Каждый компонент шихтовых материалов загружается в тележку, образуя колошу весом от 800 до 1200 кг в строгом соотношении согласно шихтовке. Далее идет загрузка колоши шихты из тележки в печные карманы.

2.2 Плавильный корпус

Основную часть ферросплавного цеха представляет собой плавильный корпус, который предназначен для размещения и обслуживания электрических печей, а также для приема и разливки готового сплава и удаления шлака. В состав плавильного корпуса ферросплавного цеха входит: печной и разливочный пролеты. К зданию корпуса стороны печного пролета примыкает трансформаторная эстакада.

Печной пролет

В качестве территории для размещения и обслуживания плавильных электропечей служит печной пролет. Рудовосстановительные печи располагаются вдоль цеха в линию. Ширина печного пролета принимается равной 18 метрам. Для нормального функционирования цеха пролет выполняется многоэтажным. На нулевой отметке пролета расположены фундаменты плавильных печей (для вращающихся печей они заглублены), механизмы выкатки металловозных и шлаковозных тележек, оборудование и механизмы газоочисток, подсобные помещения.

Для обслуживания летки устанавливается сплошное перекрытие. Здесь располагаются устройства для открывания и закрывания летки, узлы для приготовления леточной массы, системы шламособорников, бытовые помещения

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

для отдыха плавильной бригады. Площадка расположена на высоте 6 метров. Для обслуживания печи и наблюдениями за режимами плавильного агрегата (технологическими и электрическими режимами) предназначена рабочая площадка. Она расположена на высоте 12 метров и представляет собой сплошное перекрытие. На ней установлены пульта управления печами (обычно одно помещение на две печи), наклонные газоходы для отвода газа из-под свода, зонт для удаления газов, выбивающихся из печи, загрузочные труботочки с приемными воронками, помещения для инженерно-технического и дежурного персонала, тельферы для производства ремонтных работ. В качестве обслуживания механизмов перемещения и перепуска электродов служит электродная площадка. Ее располагают на высоте 18 метров, площадка представляет собой сплошное перекрытие. Для крепления печных карманов, размещения системы конвейеров подачи шихты в них, монтажа вентиляционных установок, наращивания электродных кожухов и загрузки электродной массы с помощью мостового крана служит перекрытие на высоте 25 метров. Для обеспечения плавильных агрегатов электродной массой все перекрытия имеют сквозные проемы по торцам. Над каждой печью расположены также проемы для выполнения различных транспортных операций при ремонтах.

Разливочный пролет

Разливочный пролет ферросплавных цехов предназначен для приема из печного пролета металла и шлака, их первичной обработки, разливки сплава и передачи его на склад готовой продукции, подготовки и подачи к печам разливочной посуды, текущего ремонта посуды, приема необходимых материалов и сменного оборудования для нормальной эксплуатации оборудования плавильного корпуса.

Ширина разливочного пролета ферросплавного цеха принимается равной 24 метра. В цехе для разливки ферросилиция используется конвейерная разливочная машина. Кантовальное устройство машины расположено в разливочном пролете, а головка машины с приводной станцией – на складе готовой продукции, где

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

остывающие слитки по течке сбрасываются в короба. Конвейеры разливочных машин движутся с тремя-четырьмя скоростями, так как скорость остывания слитков различна (зависит от марки сплава). В ферросплавном цехе установлены 2 одноленточные конвейерные машины длиной 40 метров. Для приема готового сплава при выпуске из печи на ферросплавных заводах используют ковши. Вместимость ковша равна 2,1 м³. Масса пустого ковша с магнезитовой футеровкой составляет 62 т.

Кирпичная кладка разливочных ковшей в ферросплавных цехах имеет ряд недостатков. К ним относятся: интенсивное размывание швов кладки, необходимость в труде высококвалифицированных каменщиков, трудоемкость чистки от настелей, высокая стоимость. Наибольшую выгоду представляет собой наливная футеровка самотвердеющих смесей, ее используют с целью механизации работ по замене футеровки, также и для повышения стойкости футеровки. В состав жидких самотвердеющих смесей входят наполнитель (смесь кварцевого песка и кварцитовых отсеков), связка (жидкое стекло) и отвердитель (кремнефтористый натрий или шлак производства рафинированного феррохрома). Наливная футеровка выполняется при помощи шаблона, вставленного в кожух. Период затвердевания массы составляет 40 – 60 мин. Отвердевшая футеровка просушивается в течение 14 – 16 часов.

В качестве приемки шлака используют чаши (шлаковые), которые отлиты из стали 35Л. Подача ковшей и шлаковых чаш происходит с помощью самоходных тележек по рельсовому пути. Рельсовый путь выполняется прямым (для стационарных печей) или круговым (для вращающихся печей). Тележки, подаваемые под летку для каскадного выпуска сплава и шлака, вмещают ковш и одну - три чаши.

2.3 Склад готовой продукции

Склад готовой продукции обычно представляет собой однопролетное здание, располагающееся параллельно плавильному корпусу и соединяющееся с ним галереями разливочных машин. Склад оборудован мостовыми кранами грузоподъемностью 20/5 т и устройствами для приема, дробления, сортировки и

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

упаковки готового сплава. Слитки металла с разливочных машин падают в короб, установленный на самоходной тележке. Для обеспечения непрерывного приема металла, каждая разливочная машина должна быть оснащена тремя тележками. Хранение готовой продукции ферросплавного цеха ведется в приемных бункерах. Для сортировки и дробления продукции используют щековые дробилки и грохоты.

Склад оборудован приемными весами, позволяющими обслужить две разливочные машины, и платформенными весами, которые необходимы для взвешивания отправляемой в вагонах продукции. Технология получения брикетированных ферросплавов из отсеков позволяет сформировать различные комплексные композиции, получение которых в электропечи представляет определенную трудность.

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

3 РАСЧЕТ ОСНОВНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

3.1 Расчет количества оборудования отделения шихтоподготовки

Общий запас шихтовых материалов (Q) в тоннах или м³ на складах для ферросплавного цеха рассчитывается, исходя из суточного расхода материалов и установленных норм запаса, по формуле:

$$Q = q_{ci} \sum c_i K \quad (3.1)$$

где q_{ci} – суточный расход i -того материала по цеху, кг или м³ (39211 кг)

$K = 1,2 - 1,4$ – коэффициент неравномерности поступления грузов,

c_i – нормативный запас i -того материала, сутки ($c_i = 30$) (таблица 3.1).

$$Q = Q_{\text{кварц}} + Q_{\text{кокс}} + Q_{\text{стружка}} = 14522760 + 7830900 + 7688520 = 30042180 \text{ кг,}$$

$$Q_{\text{кварц}} = q_{\text{Скварц}} * c_{\text{кварц}} * K = 345780 * 30 * 1,4 = 14522760 \text{ кг,}$$

$$Q_{\text{кокс}} = q_{\text{Скварц}} * c_{\text{кокс}} * K = 186450 * 30 * 1,4 = 7830900 \text{ кг,}$$

$$Q_{\text{стружка}} = q_{\text{Скварц}} * c_{\text{струж}} * K = 183060 * 30 * 1,4 = 7688520 \text{ кг.}$$

Таблица 3.1 – Нормы хранения шихтовых материалов, отходов и попутных материалов на складах ферросплавных цехов

Шихтовые материалы	Нормы хранения, сутки
Кварцит, коксовый орешек, полукокс, стружка стальная, известняк при поставках на расстояние:	
– не более 200 км;	15
– более 200 км	15 – 30

При установке в цехе однотипных печей суточный расход i -того материала находят из выражения:

$$Q_{ci} = P_{n.c} \cdot N_n \cdot q_i, \text{ Т} \quad (3.2)$$

где $P_{n.c}$ – суточная производительность печи, т/сут; ($P_{n.c} = 113$ т/сут)

N_n – количество печей; ($N_n = 3$)

q_i – расход i -того материала на 1 т сплава, кг или м³.

$q_{\text{кварцит}} = 1020$ кг

$q_{\text{кокс}} = 550$ кг

$q_{\text{стружка}} = 540$ кг

$$Q_1 = 113 \cdot 3 \cdot 1020 = 345780,$$

$$Q_2 = 113 \cdot 3 \cdot 550 = 186450,$$

$$Q_3 = 113 \cdot 3 \cdot 540 = 183060.$$

Q_1 - суточный расход кварцита, кг;

Q_2 - суточный расход кокса, кг;

Q_3 - суточный расход стружки, кг.

Расчет размера склада рассчитывают исходя из общих запасов шихтовых материалов. Определяем длину склада при заданной ширине и высоте штабеля материалов.

Длина закрытого грейферного склада с шириной пролета $a = 30$ м и высотой $h_{\text{шт.}} = 3$ м вычисляем по формуле:

$$L = \frac{\gamma - 72}{6(5h_s - 6)}, \text{ м} \quad (3.3)$$

где γ – насыпная масса шихтовых материалов, т/м³ (таблица 3.2);

h_s – глубина закрома, равная 6 м.

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

$$L = \frac{25065 - 72}{6(5 * 6 - 6)} = 174 \text{ м.}$$

Таблица 3.2 – Плотность и насыпная масса шихтовых материалов и огнеупоров для ферросплавного производства

Материал	Содержание основного элемента, %	Плотность, кг/м ³	Насыпная масса 1м ³ материала, кг	Примечание
Кремнийсодержащие материалы				
Кварцит	99...98 SiO ₂	2350...2650	1600	50...100 мм
Железосодержащие материалы				
Стружка стальная	95 Fe	7800	1500...1800	–
Углеродсодержащие материалы				
Кокс	81,6...87,6 C	1400	450...500	Кусковой

В таблице 3.3 приведены нормативные значения грузоподъемности крана и объема грейфера для различных сплавов в зависимости от мощности плавильного агрегата[3].

Таблица 3.3 – Характеристика кранового оборудования шихтового хозяйства

Характеристика кранов		Мощность печи, МВА				
Грузоподъемность, т	Объем грейфера, м ³	3,5	5	16,5	25	33
20	4,3				ФС	ФС

Исходя из затрат времени крана для подачи шихтовых материалов на 1 т сплава, суточного производства сплава и планового времени работы крана, рассчитывают количество кранов.

Необходимое количество кранов для обеспечения работы одной печи определяются по формуле:

$$n_{кр.} = \frac{П_{н.с} \cdot \tau_{уд.}}{840}, \quad (3.4)$$

где $\tau_{уд.}$ – время, затрачиваемое краном на подачу шихты для выплавки 1 т сплава, мин/т ($\tau_{уд.}=0,96$);

840 – длительность работы крана в сутки, мин.

$$n_{кр.} = \frac{113 \cdot 0,96}{840} = 0,12.$$

Количество кранов принимаем равной 2 (1 кран в запас).

Значения $\tau_{уд.}$ рассчитывают исходя из насыпной массы шихты, вместимости грейфера и длительности одной крановой операции по уравнению:

$$\tau_{уд.} = \frac{\gamma_{ш}}{V_r} \cdot k_r \tau_0, \text{ мин/т} \quad (3.5)$$

где $\gamma_{ш} = \sum \gamma_i r_i$ – насыпная масса шихты, расходуемой на выплавку одной тонны сплава, т/м³ ($\gamma_{ш}=1,288$);

γ_i – насыпная масса i -того компонента шихты;

r_i – доля этого компонента в шихте;

V_r – объем грейфера, м³;

k_r – коэффициент заполнения грейфера (0,8);

τ_0 – длительность одной выполняемой операции, составляющей в среднем 4 мин.

$$\tau_{уд.} = \frac{1,288}{4,3} * 0,8 * 4 = 0,96 \text{ мин/т.}$$

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Суточная производительность валковой дробилки (P_{∂}):

$$P_{\partial} = 1440F_{\partial}v\psi\gamma, \text{ т/сут} \quad (3.6)$$

где $F_{\partial} = L_{\text{вк}}(2I_{\text{рц}} + I_{\text{ц}})$ – площадь поперечного сечения выходящего из дробилки материала, м^2 ($F_{\partial} = 0,091\text{м}^2$);

$L_{\text{вк}}$ – длина валка, м ($L_{\text{вк}} = 0,7\text{м}$);

$I_{\text{рц}}$ – ширина разгрузочной щели, м ($I_{\text{рц}} = 0,05\text{м}$);

$v = \pi D_{\text{вк}} n$ – окружная скорость валков, м/мин ($v = 452,2\text{м/мин}$);

$D_{\text{вк}}$ – диаметр валка, м ($D_{\text{вк}} = 0,9\text{м}$);

n – скорость вращения валков, мин^{-1} ($n = 160\text{мин}^{-1}$);

ψ – коэффициент разрыхления материала при дроблении ($\psi = 2$).

$$P_{\partial} = 1440[0,7 * (2 * 0,05 + 0,03)] * (3,14 * 0,9 * 160) * 2 * 0,5 = 59,3 \text{ т/сут.}$$

Необходимые значения величин, входящих в это уравнение, принимают по техническому паспорту дробилки (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Основные технические данные 4-х валковой дробилки

Наименование показателей	Числовые значения
Масса дробилки, т	31
Габаритные размеры, мм	
– длина	4500
– ширина	3400
– высота	3700
Производительность, $\text{м}^3/\text{час}$	12
Размеры валков, мм	
– диаметр	900
– длина	700
Наибольший размер загружаемых кусков при наименьшей щели, мм	40

Продолжение таблицы 3.4

Пределы регулирования щели, мм	
– верхние валки	10...40
– нижние валки	2...10
Частота вращения валков, об/мин (пред.окл. ±20%)	
– верхние валки	115
– нижние валки	180
Сила давления на 1см длины валка, кгс	350

Производительность плоского грохота (P_{gp}):

$$P_{gp} = 86400v_{gp}\psi I_c h_{cl}\gamma, \text{ т/сут} \quad (3.7)$$

где v_{gp} – скорость движения материала на грохоте, м/с ($v_{gp}=0,25\text{м/с}$);

I_c – ширина сита, м ($I_c=2,4\text{м}$);

h_{cl} – толщина слоя сортируемого материала, м ($h_{cl}=0,04\text{ м.}$);

ψ – коэффициент наполнения сита ($\psi=0,6$).

$$P_{gp} = 86400 * 0,25 * 0,6 * 2,4 * 0,04 * 0,5 = 622 \text{ т/сут.}$$

Количество грохотов должно соответствовать количеству дробилок.

Производительность ленточного конвейера (P_k):

$$P_k = 86400F_l V_l \gamma, \text{ т/сут} \quad (3.8)$$

где F_l – поперечное сечение непрерывного слоя материала на ленте, м² ($F_l=0,1\text{ м}^2$);

V_l – скорость движения материала, м/с ($V_l=2,5\text{ м/с}$).

$$P_k = 86400 * 0,1 * 2,5 * 1,2 = 25920 \text{ т/сут.}$$

При определении окончательного числа оборудования необходимо здесь и далее учитывать коэффициент использования оборудования (K_u), который принимается равным 0,75.

3.2 Расчет количества оборудования плавильного корпуса

Расчет количества печей

Расчет количества печей в ферросплавном цехе. Исходя из данных по заданному объему производства ферросилиция и установленной мощностью трансформатора электропечи, определяем необходимое количество ферросплавных печей. Рассчитываем по формуле:

$$N_n = \frac{P_{цз}}{P_{пз}}, \quad (3.9)$$

где $P_{цз}$ – заданный годовой объем производства данного сплава в цехе, т;

($P_{цз}=125$ т)

$P_{пз}$ – годовая производительность печи при выплавке этого сплава, т;

($P_{пз}=43,374$ т)

$$N_n = \frac{125}{43,374} = 2,88.$$

Принимаем количество печей – 3.

Суточная производительность ферросплавной электропечи ($P_{пс}$) непрерывного и периодического действия зависит от установленной мощности печного трансформатора и типа выплавляемого сплава и рассчитывается по единой формуле:

$$P_{пс} = \frac{24W \cos \varphi \cdot K_u}{A}, \quad (3.10)$$

где 24 – число часов в сутках;

W – установленная мощность трансформатора, кВА ($W=27000$ кВА);

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности печи ($\cos \varphi=0,92$);

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

K_u – коэффициент использования мощности печи ($K_u = 0,95$);

A – удельный расход электроэнергии при выплавке данного сплава, кВт·ч/т ($A = 5000$ кВт·ч/т).

$$P_{nc} = \frac{24 * 27000 * 0,92 * 0,95}{5000} = 113 \text{ т/сут.}$$

Обычно, при расчетах суточной производительности ферросплавных печей практикуется замена коэффициента K_u на произведение трех составляющих его коэффициентов: загрузки трансформатора по мощности K_1 ; использования трансформатора во времени K_2 ; учитывающий колебания напряжения в питающей сети K_3 . Рекомендуемые нормами технологического проектирования числовые значения коэффициентов K_1 , K_2 , K_3 , а также $\cos \varphi$ для печей, выплавляющих различные сплавы, сведены в таблице 3.5[3].

Фактическое время работы печи за год (τ_ϕ) вычисляется путем вычитания из календарного времени τ_k длительности холодных $\tau_{x.n}$ и горячих $\tau_{z.n}$ простоев печи:

$$\tau_\phi = \tau_k - \tau_{x.n} - \tau_{z.n} = \tau_n - \tau_{z.n}, \text{ сут.} \quad (3.11)$$

где τ_n – номинальное время работы печи, сутки ($\tau_n = 350$ сут.).

$$\tau_\phi = 350 - 3 = 347 \text{ сут.}$$

Таблица 3.5 – Коэффициенты для расчета производительности рудовосстановительных и рафинировочных электропечей

Вид сплава	W, МВА	Тип печи	$\cos \varphi$	K_1	K_2	K_3
Ферросилиций: 20,25,45,65 %	16,5..63	Закрытая рудовосста- тановительная с УПК	0,92	0,98	0,98	0,99

Следует, однако, иметь в виду, что в соответствии с новыми требованиями к энергосистемам все потребители должны иметь $\cos \varphi = 0,92 - 0,96$, что обеспечивается при оснащении ферросплавных электропечей установками продольно-емкостной компенсации реактивной мощности (УПК). Удельный расход электроэнергии при выплавке данного сплава определяется по лучшим результатам работы аналогичных печей.

Нормативные значения номинального времени (τ_n) для различных сплавов и печей представлены в таблице 3.6. Длительность горячих простоев колеблется в пределах 0,5...1,5 % от календарного времени (365 суток), при этом максимальное значение принимают для рафинировочных печей.

Таблица 3.6 – Нормативы номинального времени ферросплавных печей

Вид сплава	Номинальная мощность трансформатора, МВА	Режим работы печи	Число номинальных суток работы в году
Ферросилиций:			
45...65%	33...63	закрытый	350
75%	16,5...33	закрытый	350 – 345
75...90%	16,5...33	открытый	355

Полученное расчетное число печей в цехе округляют до большего целого числа. При окончательном выборе количества печей в ферросплавном цехе следует учитывать, что это число должно быть кратно двум и не превышать восьми. Число печей, кратное двум, выбирают из соображений удобства разливки сплава двух печей на общей разливочной машине и снабжения шихтой двух печей с помощью одного тракта шихтоподачи. Необходима установка электропечей большей мощности или строить два цеха, в случае превышения числа печей восьми единицам.

Расчет оборудования разливочного пролета

Исходя из затрат времени на разливку одной плавки (одного ковша) с учетом технологических простоев, определяют необходимое количество разливочных машин.

Время на разливку одной плавки определяется из уравнения:

$$\tau_p = \frac{l \cdot n_{yd}}{v_m \cdot n}, \quad (3.12)$$

где l – длина рабочей части разливочной машины, м (40м);

$n_{yd} = \frac{m_{nl}}{V \cdot \gamma_{жс} \cdot k_{з.м}}$ – количество мульд, обеспечивающих прием металла одной

плавки, мульд/пл ($n_{yd}=187$);

$m_{nl} = \frac{П_{н.с}}{n_{в.с}} \cdot 1,2$ – масса одной плавки, т ($m_{nl}=6$);

$n_{в.с}$ – количество выпусков в сутки ($n_{в.с}=15$);

V – объем мульды, м³ ($V=0,01$ м³);

$\gamma_{жс}$ – плотность разливаемого сплава, т/м³ ($\gamma_{жс}=4,6$ т/м³);

$k_{з.м}$ – коэффициент заполнения мульды ($k_{з.м}=0,7$);

v_m – скорость движения конвейера машины, м/мин ($v_m=1,9$);

n – количество мульд, располагающихся на рабочей длине машины ($n=420$).

$$\tau_p = \frac{40 \cdot 187}{1,9 \cdot 420} = 9,37 \text{ мин.}$$

Количество одноленточных разливочных машин определяется с учетом простоев в каждом цикле разливки, включающих замену коробов, подачу и съем ковшей (55...85 % от времени разливки), по формуле:

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

$$n_m = \frac{(1,55 - 1,85) \cdot \tau_p \cdot n_{в.с}}{\tau_{ном}}, \quad (3.13)$$

где $\tau_{ном}$ – номинальное время работы машины в сутки, составляющее обычно 1320 мин.

$$n_m = \frac{1,7 * 9,37 * 15}{1320} = 0,18.$$

Количество одноленточных разливочных принимаем равной 2 (1 в запасе).

Необходимые значения величин, входящих в это уравнение, принимают по техническим характеристикам разливочной машины, которые приведены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Техническая характеристика разливочных машин

Показатель	Длина машины, м
	40
Скорость движения ленты, м/с	0,083; 0,041; 0,031; 0,02
Масса слитка при разливке, кг – 45 %-го ферросилиция	45
Расход воды на охлаждение мульт, м ³ /ч	130
Число изложниц в цепи, шт	2x210
Мощность электродвигателей, кВт	85/12; 11/8; 14/6; 18/4
Масса машины с чугунными изложницами, т	207,8

Разливочный пролет цеха по производству ферросилиция оборудуют мостовыми кранами с двумя подъемами (для кантования разливочного ковша), исходя из сортамента выплавляемых сплавов и мощностей электропечей рассчитывают количество и грузоподъемность кранов. По нормам предусматривают на одну электропечь для выплавки ферросилиция от 0,3 до 0,5

крана (без учета занятости кранов на ремонтных работах) в зависимости от сортамента сплавов. Значение 0,4 принимают для 45 %-ного ФС. Грузоподъемность кранов зависит от мощности печей (таблица 3.8).

Таблица 3.8 – Грузоподъемность кранов разливочного пролета

Мощность печи, МВА	24
Грузоподъемность, т	50/10

В общем случае необходимое количество разливочных кранов в цехе определяется исходя из затрат времени крана на обработку одного ковша и числа выпусков сплава в цехе в сутки и рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{n_k \cdot t_{кр}}{1320}, \quad (3.14)$$

где n_k – число ковшей, обрабатываемых краном в сутки (равное числу выпусков=15);

$t_{кр}$ – затраты времени крана на обработку одного ковша, мин (в среднем около 40 – 60 мин);

1320 – общее время работы крана в сутки, мин.

$$N = \frac{15 \cdot 40}{1320} = 0,45.$$

Количество кранов принимаем равной 2 (1 в запасе).

В таблице 3.9 приведено принятое число выпусков в сутки из печей при выплавке некоторых ферросплавов[3].

Таблица 3.9 – Число выпусков в сутки при выплавке ферросплавов

Вид сплава	Число выпусков, сут
Ферросилиций	12–15

Емкость ковша определяется из выражения:

$$V_k = \frac{P_{н.с}}{N_n \cdot \gamma_{жс} \cdot \psi} \cdot K, \text{ м}^3 \quad (3.15)$$

где ψ – коэффициент заполнения ковша, равен 0,9;

K – коэффициент, учитывающий неравномерность массы металла на выпуске, равен 1,2;

$\gamma_{жс}$ – плотность жидкого сплава, т/м³ ($\gamma_{жс} = 4,6$ т/м³) (таблица 3.10).

$$V_k = \frac{108}{15 \cdot 4,6 \cdot 0,9} \cdot 1,2 = 2,08 \text{ м}^3.$$

Таблица 3.10 – Плотность расплавов

Расплав	Плотность, т/м ³
ФС-45	4,6

Емкость шлаковой чаши определяется с учетом кратности шлака ($K_{ш}$) по уравнению:

$$V_{ч} = \frac{V_k \cdot K_{ш} \cdot \gamma_{жс}}{\gamma_{ш}}, \text{ м}^3 \quad (3.16)$$

где $\gamma_{ш}$ – плотность жидкого шлака, т/м³ ($\gamma_{ш} = 3$ т/м³);

$K_{ш}$ – кратность шлака ($K_{ш} = 0,038$).

$$V_{ч} = \frac{2 \cdot 0,039 \cdot 4,6}{3} = 0,12 \text{ м}^3.$$

Количество ковшей определяется из уравнения:

$$n_k = \frac{N_k \cdot 1,15 \cdot \tau_{об}}{24}, \quad (3.17)$$

где $\tau_{об}$ – время оборота ковша ($\tau = 4,8$);

1,15 – коэффициент запаса.

$$n_k = \frac{15 \cdot 1,15 \cdot 4,8}{24} = 3,45.$$

Количество ковшей принимаем равной 4.

Аналогичным образом определяем количество шлаковых чаш.

$$n_{ш} = \frac{15 \cdot 1,15 \cdot 8}{24} = 5,75.$$

Количество шлаковых чаш принимаем равной 6.

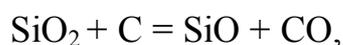
					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

4 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СПЛАВА

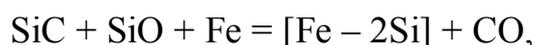
Процесс производства ферросилиция основан на взаимодействии диоксида кремния с твердым углеродом восстановителей.

Поскольку кремний является сильным восстановителем и его диоксид (SiO_2) весьма прочное соединение, восстановление кремния углеродом требует создание в зоне реакции высоких температур и достаточного избытка углерода.

В процессе плавки в ванне печи происходит целый комплекс химических реакций, важнейшими из которых являются:



Эти реакции описывают только конечные изменения в процессе, протекающем по сложной схеме с образованием промежуточных фаз SiO и SiC , испарением кремнезема, растворением в железе восстановленного кремния с образованием сплава. Образование ферросилиция происходит на последней стадии процесса в результате взаимодействий SiC либо с SiO в присутствии Fe , либо с Fe :



В зависимости от созданных термодинамических условий и соотношений компонентов в разных зонах и горизонтах печи преимущественно развиваются те или иные реакции.

В верхних горизонтах ванны печи температура должна быть пониженной, так как это способствует лучшему улавливанию дисперсных возгонов и газообразного монооксида кремния с образованием карбида кремния при взаимодействии с углеродом восстановителя. К технологии выплавки сплава относят характеристику печей, о них довольно подробно говорилось в предыдущих разделах, шихте, строении плавильного тигля, условиях нормальной работы печи и разливка.

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

Шихта для производства ферросилиция состоит из руды, восстановителя, железной стружки. Плавка ферросилиция процесс бесшлаковый, поэтому необходимо использовать чистое сырье с низким содержанием оксидов алюминия, кальция, титана, фосфора и др. К основным рудам применяемы для производства ферросилиция относят кварцит, кварц, хальцедон содержание SiO_2 в которых равно 95...97, 97, 95% соответственно. Чаще всего применяют кварцит. Предварительно руду подвергают мойке для удаления глинистой составляющей и дробят до размеров 20...60 мм (для ФС-45). К рудам предъявляют следующие требования:

- Высокое содержание SiO_2 ;
- Минимальное содержание Al_2O_3 ;
- Минимальное содержание S и P;
- Не должны растрескиваться при повышении температуры.

В качестве восстановителя используют каменный уголь, каменноугольный кокс, полукокс, а также отсеvy металлургического кокса крупностью 5...20 мм. Восстановитель должен обладать высоким электрическим сопротивлением, иметь постоянную влажность и низкую реакционную способность по отношению к оксиду кремния.

В качестве железосодержащих материалов используется углеродистая нелегированная стружка с небольшим количеством посторонних примесей. Длина витков стружки должна быть менее 50 мм. Допускается использовать стружку сталей с высоким содержанием кремния.

Дозирование шихты производится автоматическими дозаторами непрерывного действия. Система обеспечивает автоматическую коррекцию работы дозаторов кокса, стружки по работе основного компонента – кварцита, т.е. поддерживает заданное соотношение с массой фактически взвешенного кварцита, принятой за 1.

Подача шихты на печи, выплавляющие сплав ФС-45, производится два раза в смену. Ответственность за заполнение печных бункеров несут шихтовщики.

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

Сдозированные шихтовые материалы подаются на печи и разгружаются автостелой в печные бункера.

Шихта из печных бункеров самотеком по труботечкам через обечайки подается в загрузочные воронки. Подача шихты должна быть непрерывной.

Каждая электропечь цеха оборудована тремя однофазными трансформаторами, соединенными между собой со стороны «короткой сети» по схеме «треугольник на электродах».

Закрытая ферросплавная печь оборудована системой газоочистки, принудительно отсасывающей образующийся в результате химических реакций газ. Некоторая его часть, проникая через шихту вокруг электрода, дожигается на поверхности обечаек.

Газовый режим зависит от газопроницаемости шихты, размера и конфигурации подсводового пространства и параметров газоочистки.

Во время работы печи могут возникнуть проблемы нарушающие рабочий ход печи. Недостаток восстановителя приводит к увеличению расхода электрода и гарнисажа. Расход гарнисажа приводит к более быстрому износу футеровки. Избыток восстановителя, так же как и работа на коротких электродах приводит к уменьшению глубины посадки электродов. Работа на длинных электродах приводит к увеличению расхода электрической энергии, а так же может привести в потере дугового режима.

При выплавке ферросилиция в закрытых электропечах успешное ведение процесса и достижение наилучших показателей выплавки сплава зависит от:

- качества подготовки шихтовых материалов;
- правильности расчета и точности дозирования всех компонентов шихты;
- правильного выбора и соблюдения электрического режима;
- правильного и своевременного обслуживания печи;
- поддержания длины электрода в заданных пределах;
- соблюдение оптимального газового режима;
- своевременного и полного выпуска металла и шлака из печи;

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

–соблюдение выдержки сплава в ковше перед разливкой и правильной его разливки.

Выплавка ферросилиция ведется непрерывным технологическим процессом с закрытым колошником, непрерывной завалкой шихты и периодическим выпуском сплава и шлака.

Оптимально проводить выпуск каждые 1,5...2 часа. Малое количество выпусков замедляет восстановительный процесс, а большое количество выпусков приводит к похолоданию плавильного тигля. Ферросилиций выпускают в футерованный шамотом ковш.

Выпуск металла производится по графику, при нормальном ходе печи во время каждого выпуска должно выходить примерно равное количество металла. В каждом выпуске вместе с металлом должен выходить жидкоподвижный шлак в количестве 5...6% от веса металла.

Разливка ведется либо на разливочной машине конвейерного типа в чугунные водоохлаждаемые мульды, либо в чугунные водоохлаждаемые или железобетонные изложницы, а также на грануляционных установках. Железобетонные изложницы перед разливкой покрывают отсевами предыдущей плавки или предельным ферросилицием для предотвращения приваривания металла к изложнице. Ферросилиций марки ФС45 разливают в тонкие слитки толщиной до 50 мм.

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

5 РАСЧЕТ МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА ПРОИЗВОДСТВА СПЛАВА

В качестве сплава используем 45%-ный ферросилиций.

Расчет ведется на 100 кг кварцита. Состав исходных материалов приведен в таблицах 5.1 – 5.5.

Таблица 5.1 – Химический состав кварцита

Бакальский кварцит								
состав	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	W
%	0,98	1,2	0,6	0,2	0,04	0,9	0,025	1,5

Таблица 5.2 – Химический состав коксика

Челябинский коксик						
состав	S	C	A	W	Л.В.	P
%	0,5	74,9	10,92	12,0	1,63	0,058

Таблица 3 – Химический состав золы коксика

Зола челябинского коксика						
состав	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅
%	47,52	30,78	9,67	6,3	2,4	0,58

Таблица 5.4 – Химический состав железной стружки

Железная стружка У-9						
состав	C	Si	Mn	S	P	Fe
%	0,85	0,15	0,15	0,03	0,035	97,0

Таблица 5.5 – Химический состав электродной массы

Электродная масса									
состав	C	A	W	Л.В.	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
%	85,0	10,0	-	5,0	50,0	14,0	25,0	8,0	3,0

Допускаем, что сера и фосфор из стружки переходят в сплав, а сера и коксик улетучиваются.

Для связывания 0,067 кг кислорода в окись углерода требуется углерода:
 $0,067 * 12 / 16 = 0,050$ кг.

Электродная масса вносит углерода:

$1,8 * 0,85 = 1,53$ кг.

Приблизительно половина этого углерода расходуется на восстановление окислов, что уменьшает потребность в коксе на:

$(1,53 / 2 - 0,05) / 0,7681 = 0,930$ кг.

Таким образом, потребность в коксе на колошу, содержащую 100 кг кварцита, равна:

$49,47 - 0,930 = 48,54$ кг.

Расчет состава сплава

Количества элементов, восстановленных из 100 кг кварцита, 48,54 кг кокса и 1,8 кг электродной массы приведены в таблице 5.11.

Элемент	Из кварцита кокса и	Из стружки, кг	Обзий вес, кг	%

	электродов, кг			
Si	44,132	$54,175 * 0,0015 = 0,0812$	44,2132	44,73
Al	0,069	-	0,069	0,070
Fe	1,162	$54,175 * 0,97 = 52,549$	53,711	54,35
Ca	0,052	-	0,052	0,052
P	0,0065	$54,175 * 0,00035 = 0,0189$	0,0254	0,026

Продолжение таблицы 5.13

C	0,25	$54,175 * 0,0085 = 0,46$	0,71	0,718
Mn	-	$54,175 * 0,0015 = 0,0812$	0,0812	0,082
S	-	$54,175 * 0,0003 = 0,0162$	0,0162	0,0163
Всего			98,826	100

6 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ. УТИЛИЗАЦИИ ПЫЛИ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОСИЛИЦИЯ

На стадии производства ферросплавов образуется большое количество побочных продуктов: шлаки, отсеvy мелких фракций рудного сырья и готовой продукции (ферросплавов), шламы, пыли и ряд других материалов, использование и переработка которых позволяет не только сократить потребление исходного природного минерального сырья, но и повысить эффективность основного производства, уменьшить загрязнение окружающей среды, а следовательно, снизить как затраты предприятия в виде экологических платежей за выбросы и размещение отходов, так и государственные издержки, связанные с природоохранными мероприятиями. Однако масштабы использования отходов ферросплавного производства относительно невелики.

										Лист
										39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР					

На образование отходов в первую очередь влияет качество применяемого минерального сырья, при ухудшении которого происходит увеличение доли отходов, пыли и шламов (при увеличении доли мелких фракций, что неизбежно при обогащении руды).

Основными принципами работы с техногенными отходами, несомненно, должно быть:

1. Максимальное улавливание и сбор техногенных отходов (пыли, шлаков и шламов);
2. Получение достоверной информации о комплексе их физико-химических характеристик (химический и фракционный состав, влажность и др.);
3. Определение рационального способа вовлечения каждого техногенного материала в производство.

Технических препятствий для реализации пунктов 1 и 2 в настоящее время не существует, поскольку уровень развития современной технологии улавливания и очистки отходящих газов позволяет достигать степени очистки 99,5% и более. Оснащенность ферросплавных предприятий современными системами газоочистки и контроля количества и состава техногенных отходов, с одной стороны, стимулируется возрастающими экологическими требованиями, с другой – тормозится низкой окупаемостью газоочистных сооружений, вложение в которые рассматривается предприятиями главным образом как дополнительная финансовая «нагрузка», поскольку их строительство и эксплуатация требуют существенных капитальных затрат и далеко не всегда приводят к производству востребованной на рынке продукции, которую можно реализовать. Что касается рационального подхода к вовлечению техногенного сырья в производство, именно он позволяет найти наиболее правильное решение в использовании техногенного сырья для получения готовой продукции с максимально экономическим эффектом.

При производстве ферросплавов образуется значительное количество пылевидных отходов[4]. В отходящих газах ферросплавных печей содержится пыль двух типов: первичная, образующаяся непосредственно из шихтовых

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

материалов и содержащая частицы кокса, рудного сырья и флюсов, и вторичная, образующаяся в ходе технологического процесса, а также при сгорании частично или полностью восстановленных компонентов ферросплава. Первичная пыль достаточно крупная, что позволяет улавливать ее в обычных установках сухой и мокрой очистки, доля ее составляет около 10% от общего ее количества в газах.

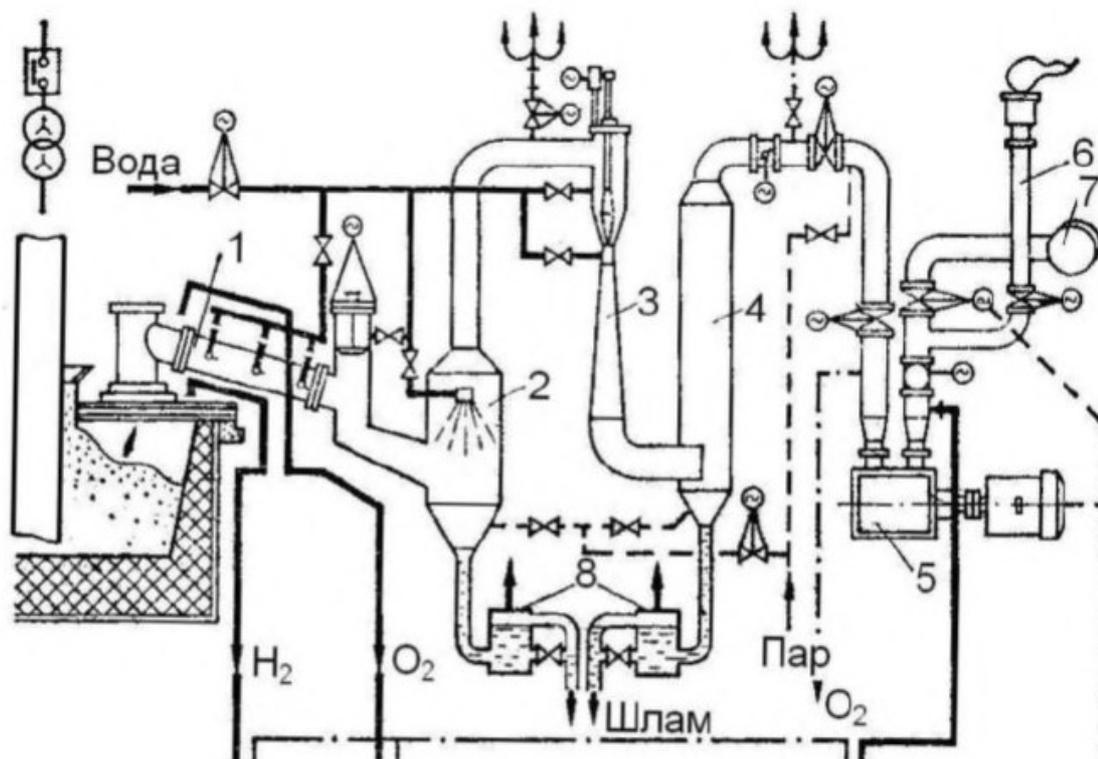
Около 90% всей пыли является вторичной, которая характеризуется высокой дисперсностью. Наряду с опасностью для организма человека мелкодисперсной пыли ее вредное воздействие усугубляется наличием токсичных и канцерогенных компонентов.

Начальная запыленность ферросплавных газов может составлять 10...150 г/м³, а конечная 10...50 мг/м³. После очистки от пыли ферросплавные газы кремнистых сплавов обычно содержат значительное количество СО, химическая энергия которого, как правило, слабо используется на отечественных заводах. На зарубежных предприятиях отходящие газы широко используются для сушки, подогрева и даже предварительного восстановления подаваемых в рудовосстановительную печь шихтовых материалов. Кроме того, возможна установка газовой турбины для производства электроэнергии, что может улучшить энергетический баланс и рентабельность предприятия.

Таблица 6.1 – Химический состав пыли газоочистки при производстве ферросилиция

Материал	Содержание компонентов, %							
	SiO ₂ аморфный	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	C
Микрокремнезем (пыль газоочистки)	85...98	0,1... 1,0	0,1... 1,5	0,2... 2,0	0,1... 3,0	0,1... 1,0	0,2... 3,0	0,2... 3,0

Основным препятствием для использования колошникового ферросплавного газа является применение в отечественной практике рудовосстановительных электропечей открытого либо полужакрытого типа, что приводит к разбавлению



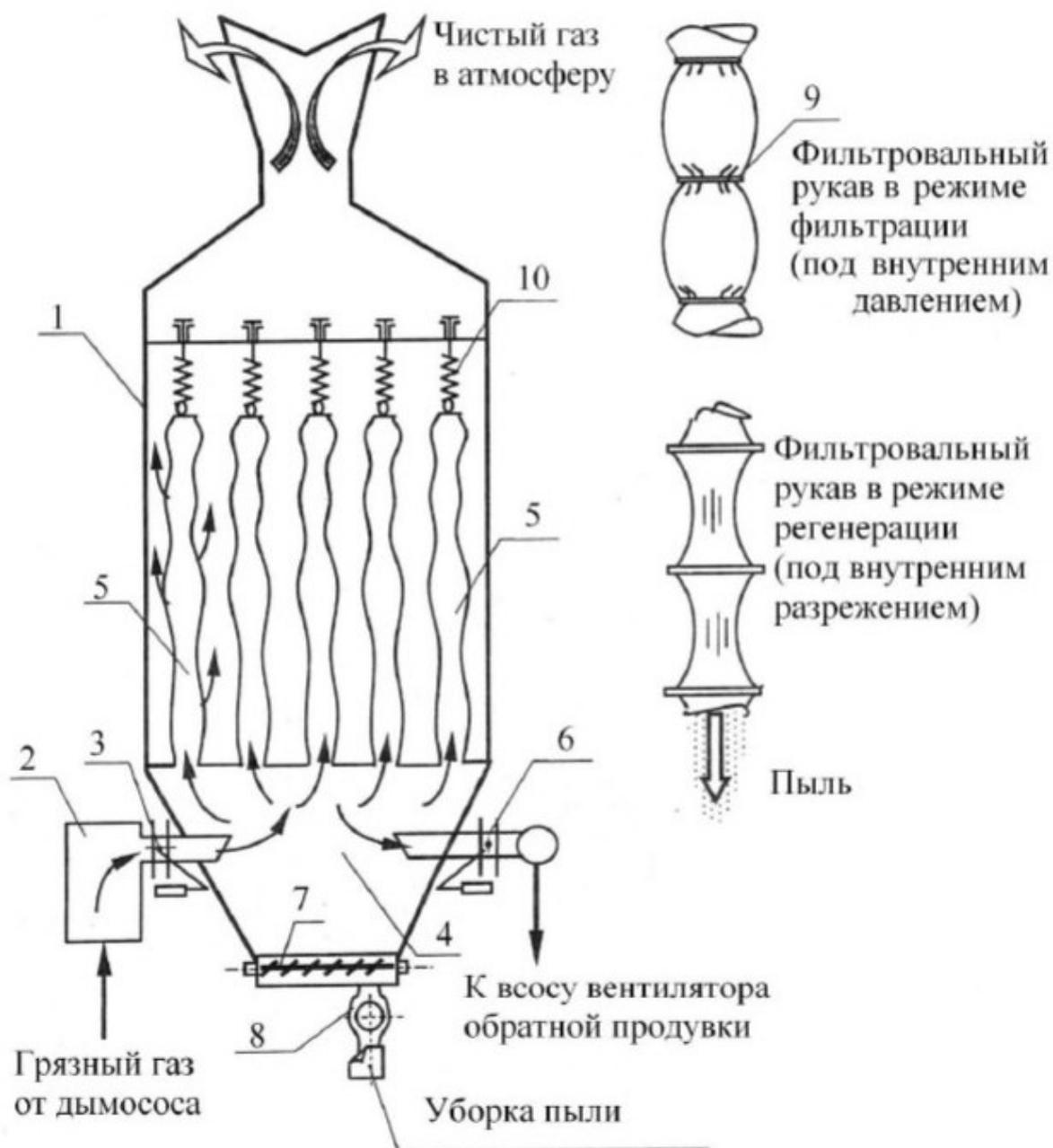
газов воздухом и снижению их ценности как топлива. Этого не происходит при закрытии печей сводом или их герметизации. Для пылеулавливания открытые и полужакрытые печи могут оснащаться газоочистками сухого типа при снижении температуры отходящих газов путем разбавления их воздухом. Но сухая система газоочистки не позволяет улавливать опасные микрокомпоненты (SO_x, NO_x, H_2S и др.), а последующее дожигание CO на свече является нерациональным способом утилизации газов. При использовании закрытых и герметичных рудовосстановительных, как правило, применяют систему мокрой газоочистки, имеющую в своем составе скрубберы, трубы Вентури (рисунок 6.1)[5]. Мокрая система газоочистки обладает преимуществами перед сухой по ряду параметров, таких как степень очистки отходящих газов (99,96...99,99%), а также возможность улавливания ряда микрокомпонентов, как твердых, так и газообразных (путем растворения в воде или захватываемых ею).

1 – наклонный газоход; 2 – шламоуловитель; 3 – труба-распылитель Вентури; 4 – каплеуловитель; 5 – центробежная газодувка; 6 – свеча; 7 – коллектор чистого газа; 8 – водоотвод; H_2, O_2 – анализ на содержание водорода и кислорода в газе

Рисунок 6.1 – Схема мокрой газоочистки газов, выходящих через газоход закрытой рудовосстановительной электропечи.

Очистка газов от наиболее мелких частиц пыли в ферросплавном производстве с помощью тканевых фильтров (рисунок 6.2) и электрофильтров осложнена низкой электропроводностью (высоким удельным сопротивлением) пыли наиболее массовых ферросплавов, получаемых карботермическим способом[5].

Основными путями использования пыли необходимо считать следующие: возвращение в производство с целью повышения степени сквозного использования шихтовых материалов, а также применение отходов в других отраслях народного хозяйства.



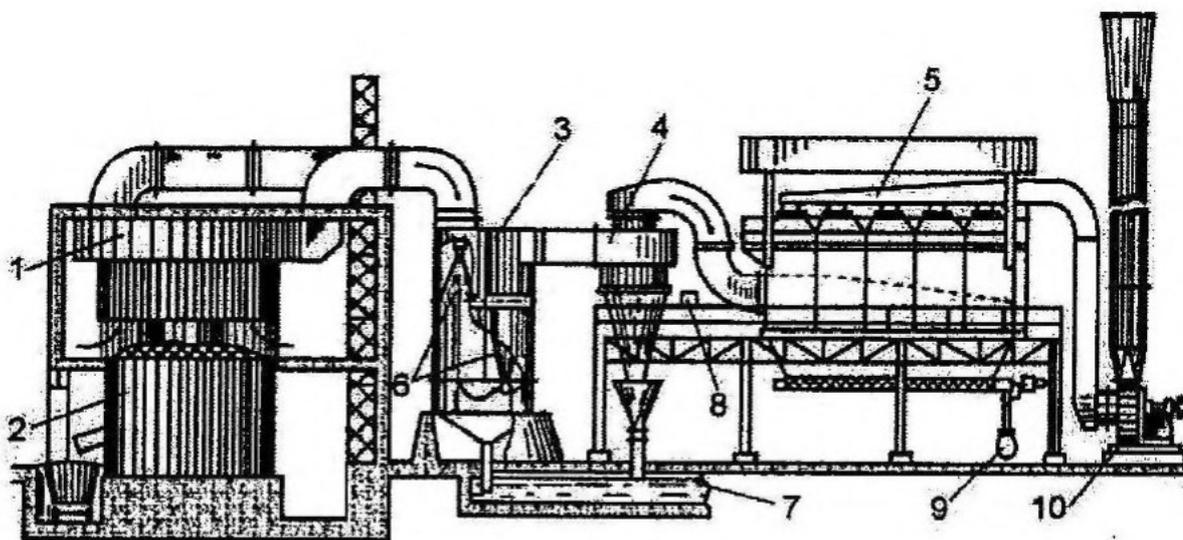
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

1 – камера фильтров; 2 – коллектор грязного газа; 3 – клапан; 4 – бункер для пыли; 5 – фильтровальный рукав; 6 – клапан обратной продувки; 7 – шлюзовый питатель; 8 – транспортер пыли; 9 – антиколлапсные стальные кольца; 10 – механизм натяжения фильтра

Рисунок 6.2 – Схема газоочистки в тканевых фильтрах с нижней подачей грязного газа.

Также существует комбинированная схема газоочистки (рисунок 6.3).

Самым предпочтительным способом использования отходов является возвращение их в производство в виде достаточно прочных и термостойких окатышей или брикетов в количестве до 20% от массы шихты. Наиболее простым и эффективным методом окускования пылей и их смесей со шлаками, как с экономической, так и с технологической точек зрения, представляется их гранулирование в тарельчатых грануляторах с последующей подсушкой в конвейерных или барабанных сушилах.



1 – вытяжной зонт; 2 – ферросплавная печь; 3 – скруббер; 4 – мультициклоны; 5 – тканевые рукавные фильтры; 6 – механические форсунки; 7 – желоб для отвода воды и шлама; 8 – сбор сухой пыли; 9 – дымосос

Рисунок 6.3 – Схема очистки газов

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		44

На ОАО «ЧЭМК» имеется опыт получения пористого гравия (керамзита) из шламов, получаемых с добавкой золы, плотностью 0,45...0,65 кг/м³, что соответствует ГОСТ и позволяет реализовать его в строительстве.

Переработку пылей целесообразно осуществлять путем окомкования на гран-чашах с последующим обжигом и использованием в составе шихтовых материалов при производстве ферросплавов.

Для утилизации пыли, уловленной при производстве кремнистых сплавов, применяют тарельчатые грануляторы, конвейеры и конвейерные сушила. Выплавка ферросилиция из шихты, содержащей до 25% высушенных окатышей от массы кварцита, не приводит к снижению извлечения кремния и повышению удельного расхода электроэнергии.

Уловленная пыль при производстве ферросилиция может быть также использована в качестве добавок при производстве строительных и огнеупорных материалов, стекла, в составе смесей торкретирования футеровки агрегатов и др.

В настоящее время количество утилизируемой пыли относительно невелико и составляет от 20 до 50%. Значительная часть уловленной пыли направляется в отвалы, загрязняя окружающую среду.

Учитывая физико-химические свойства неметаллических отходов ферросилиция с пониженным содержанием железа, намечаются следующие основные направления их утилизации: в качестве добавок в агломерационную и ферросплавную шихту; в качестве тонкодисперсных добавок в шихту для производства силикатного кирпича, штукатурных растворов, бетонов. Целесообразно использовать такие пыли для изготовления керамической плитки или марблитого стекла, так как в этом случае исходная пыль вместе с основной шихтой подвергается термической обработке в процессе производства изделий.

Наиболее рациональной схемой утилизации пыли производства ферросилиция является использование кремнеземной пыли для создания бетонов повышенной прочности.

Новые возможности использования кремнеземной пыли тесно связаны с созданием эффективных суперпластификаторов и бетонов нового поколения,

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

обладающих высокой прочностью (от 60 до 150 МПа), повышенной укладываемостью и долговечностью.

Весьма мелкий гранулометрический состав и значительная удельная поверхность зерен аморфного кремнезема обуславливают высокие пуццолановые свойства и позитивное влияние КП на свойства бетона. Содержание КП в бетонах составляет 10...20%. КП рекомендуется в бетонах подвергающихся эрозионному истиранию, коррозионностойких, обладающих высокой прочностью в раннем возрасте (строительство мостов, туннелей, автодорог, взлетно-посадочных полос и т.п.), высокопрочных, с реакционно-способными заполнителями, стойких к истиранию (полы промзданий, автомобильные стоянки, тротуары и дорожные покрытия), обладающих повышенной долговечностью и водопроницаемостью, для строительства морских и береговых сооружений.

Интерес к применению микрокремнезема в бетонах обусловлен также проблемами охраны окружающей среды, усилением контроля загрязнения атмосферы, а также необходимостью экономии энергии в промышленности строительных материалов за счет частичной замены цемента промышленными отходами.

Утилизация кремнеземной пыли, являющейся отходом производства ферросилиция, позволяет решить проблемы защиты окружающей среды от воздействия промышленной пыли и получать дополнительный побочный продукт, являющимся ценным компонентом при решении задач в смежных производствах.

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

7 ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

На предприятиях создаются подразделения, занимающиеся контролем и совершенствованием природоохранной деятельности и организацией выполнения природоохранного законодательства по ряду направлений:

1) выполнение требований законодательства в сфере охраны воздушного бассейна:

- получение разрешительной документации;
- контроль технического состояния и эффективности работы газоочистных установок;
- контроль качества атмосферного воздуха;
- планирование мероприятий по достижению нормативов выбросов;
- подготовка статистических отчетов.

2) выполнение требований законодательства в сфере охраны водных ресурсов:

- получение разрешения на специальное водопользование;
- контроль количества и качества сточных вод (дренажных и хозяйственно-бытовых стоков, грунтовых вод);
- планирование и контроль мероприятий, предусмотренных системой; водоподготовки, подготовка статистических отчетов.

3) выполнение требований законодательства в сфере обращения с отходами:

- получение разрешений и лимитов на размещение отходов;
- разработка программ в сфере обращения с отходами;
- выполнение работ со сторонними организациями по утилизации отходов;
- подготовка статистических отчетов;

4) расчет платежей за загрязнение окружающей среды и возмещение ущерба

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

экологии;

5) обеспечение выполнения требований санитарного законодательства:

–проведение работ по экспертизе продукции и сырья;

–регистрация продукции и сырья как опасного фактора;

–выполнение требований радиологического контроля продукции и сырья.

6) выполнение работ по гемологической экспертизе.

Объем выбросов загрязняющих веществ пропорционален объему производства и качественному составу сырьевых материалов. Для правильной оценки объема загрязняющих веществ необходимо на каждом предприятии установить и сертифицировать все стационарные источники выбросов. Известно, что выбросы на металлургических предприятиях содержат газообразные и твердые вещества (пыли).

Содержание газообразных веществ превышает 90...95 % от общего объема выбросов.

В составе газообразных веществ могут содержаться токсичные и канцерогенные компоненты, такие как CO, SO_x (SO₂ и SO₃), NO_x (NO₂ и NO), HCN, CS и некоторые другие, содержание которых в газах ограничено.

Приземные концентрации устанавливаются по отдельности для каждого компонента для рабочей и жилой зон. В случае превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) возможны экономические санкции в виде штрафов и повышенных экологических платежей либо остановки производства.

Технологические процессы в ферросплавном производстве (особенно карботермическим способом) сопровождаются образованием и выделением CO не только вследствие сжигания топлива, но и в результате ряда физико-химических реакций с участием углерода. Образующийся в печах ферросплавный газ в основном улавливается, очищается и используется как топливо. Однако небольшая его часть выделяется в виде неорганизованных выбросов через неплотности в атмосферу, минуя систему пылеулавливания.

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

Установленный граничный предел допустимого содержания СО в отходящих газах определяется на входе газов в трубы. В зависимости от количества газовых выбросов и содержания в них СО рассчитывается высота труб при проектировании производства с учетом достижения установленных предельных значений при рассеивании газов на различных расстояниях.

Согласно ГОСТ 17.2.3.01-81 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов» для получения информации о разовых и среднесуточных концентрациях загрязнения атмосферного воздуха отбор проб производится ежедневно путем автоматического отбора через равные промежутки времени в 1, 7, 13 и 19 часов. Станции контроля устанавливаются в разных точках населенного пункта. Заводские лаборатории должны не реже двух раз в месяц контролировать подфакельные загрязнения атмосферного воздуха в санитарно-защитной зоне завода с фиксацией данных и ведением статистики наблюдений. Большое влияние на распространение пылегазовых выбросов оказывают метеорологические условия местности. Процесс распространения газовых выбросов включает в себя следующие составляющие: диффузионный фактор, фактор ветровой нагрузки (который отражает направленное перемещение газовых выбросов силой ветра, в отличие от диффузии, которая в отсутствие других причин создает симметричное по всем направлениям поле концентраций; ветровая нагрузка распределена неравномерно как по направлению, так и по времени); химический фактор (который характеризует интенсивность воздействия каждого компонента выбросов с компонентами атмосферы).

Обеспечение безопасности труда:

1. При выплавке ферросилиция на всех стадиях процесса необходимо соблюдать правила по технике безопасности, изложенные в инструкции для работающих в плавильном цехе (БТИ 7.1 – 92).
2. К работе на закрытой ферросплавной печи допускается лицо не моложе 18 лет, годные по состоянию здоровья к этой работе, прошедшие обучение по специальности и сдавшие экзамен на знание правил и инструкций по безопасной

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

эксплуатации закрытых ферросплавных печей, а также инструкций по безопасной эксплуатации газового хозяйства и имеющие соответствующее удостоверение.

3. Работающие на закрытых ферросплавных печах обязаны вести технологический процесс с соблюдением «Правил безопасности в газовом хозяйстве», в соответствии с данной технологической инструкцией, хорошо знать схему газоочистки, правила пользования газозащитной аппаратурой, состав и свойства колошникового газа, признаки отравления и правила оказания доврачебной помощи при отравлении колошниковым газом.

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы был спроектирован цех по производству ферросилиция в условиях Южного Урала. В качестве территориального местоположения был выбран город Бакал Саткинского района Челябинской области. Разработана технология выплавки сплава. Представлено технико-экономическое обоснование проектного решения.

Рассмотрена структура ферросплавного цеха, приведены расчеты основного и вспомогательного оборудования. Приведена наиболее рациональная схема утилизация пыли производства ферросилиция. Установлены требования к охране труда и технике безопасности.

Таким образом, цель работы достигнута, задачи – решены.

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Поволоцкий Д.Я. Электросталепроизводство: Учебник для вузов / Д.Я. Поволоцкий, В.Е. Рощин, Н.В. Мальков – Челябинск (3-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия), 1995. – 592 с.
2. Обзор рынка ферросилиция в СНГ (3 издание). – <http://www.infomine.ru/>
3. Жунусов А.К. Проектирование ферросплавных цехов: учебное пособие для металлургических специальностей/сост.: А.К. Жунусов, Н.С. Сембаев – Павлодар: Кереку, 2011. – 107 с.
4. Чернобровин В.П. Экстракция чёрных металлов из техногенного сырья: учебное пособие / В.П. Чернобровин, В.Е. Рощин, Т.П. Сирина, М.В. Чернобровина. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013, - 173 с.
5. Мысик В.Ф. Проектирование и оборудование электроферросплавных цехов: учебное пособие / В.Ф. Мысик, А.В. Жданов – Екатеринбург: УрФУ, 2014. – 526 с.
6. Зубов В.Л. Электросталепроизводство ферросилиция: Системные технологии / В.Л. Зубов, М.И. Гасик – Днепропетровск, 2002. – 704 с.
7. Расчет шихт для производства сталей и ферросплавов: Учебное пособие / Под ред. Д.Я. Поволоцкого. – Челябинск: ЧПИ, 1989, – 69с.

					ЮУрГУ-22.03.02.2017.005.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52