

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт открытого дистанционного образования
Кафедра «Техники, технологии и строительства»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой ТТС
_____ К.М. Виноградов
«__» _____ 2021 г.

**ОЦЕНКА ПЫЛЕГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ
ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИМЕРЕ
СТАЛИ МАРКИ 50Г**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К ВЫПУСКНОЙ
КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 22.03.02.2021.11183. ПЗ ВКР

Разработал студент группы ДО-512:
_____ А.А. Туманова-Швед
«__» _____ 2021 г.

Руководитель:
к.х.н, доцент кафедры ТТС
_____ А.В. Мохова
«__» _____ 2021 г.

Нормоконтролер
_____ О.С.Микерина
«__» _____ 2021 г.

Челябинск
2021

АННОТАЦИЯ

Туманова-Швед А.А. Оценка пылегазовых выбросов электросталеплавильного производства на примере стали марки 50Г – ЮУрГУ, ДО-512, 72 с., 32 табл., 11 ил., библиогр. список – 35 наим., 6 л. плакатов ф. А1.

Целью выпускной квалификационной работы является оценка пылегазовых выбросов электросталеплавильного производства на примере стали марки 50Г.

Задачи:

- описание стали марки 50Г, её применение и назначение;
- разработка технологии производства стали марки 50Г и выбор оборудования для производства стали марки 50Г;
- расчёт пылегазовых выбросов в ходе производства стали марки 50Г;
- предупреждение образования возможных дефектов;
- обзор возможных направлений модернизации.

					22.03.02.2021.11183 ПЗ ВКР		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		ААТумановаШвед				Лит.	Лист
Провер.		А.В. Мохова					Листов
Реценз.							2
Н. Контр.		О.С. Микерина					72
Утв.		КМ.Виноградов			Оценка пылегазовых выбросов электросталеплавильного производства на примере стали марки 50Г		
					ЮУрГУ Кафедра ТТС		

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	7
1.1 Описание стали марки 50Г	7
1.2 Назначение стали марки 50Г	7
1.3 Технологическая схема производства ПАО «АМЗ».....	7
1.4 Оборудование.....	8
1.4.1 Участок ДСП-120	8
1.4.2 Участок АКП-100.....	20
1.4.3 МНЛЗ.....	21
1.5 Влияние системы непрерывной подачи шихты «Consteel» на технико-экологические показатели производства.....	24
1.5.1 Технико-экологические преимущества	25
1.5.2 Снижение негативного воздействия на окружающую среду	29
1.6 Контроль качества продукции	29
2 РАСЧЁТНАЯ ЧАСТЬ	32
3 ВОЗМОЖНЫЕ ДЕФЕКТЫ КОНЕЧНОГО ПРОДУКТА ПРОИЗВОДСТВА	52
3.1 Общие сведения о дефектах конечного продукта производства	52
3.2 Виды дефектов сталеплавильного происхождения.....	52
3.2.1 Дефекты сталеплавильного происхождения на поверхности НЛЗ.....	52
3.2.2 Дефекты сталеплавильного происхождения на поверхности НЛЗ.....	53
3.3 Дефект сталеплавильного производства: заливины.....	55
4 ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА	57
4.1 Зарубежные аналоги стали марки 50Г	57
4.2 Зарубежные способы производства электростали.....	57
5 МОДЕРНИЗАЦИЯ.....	59
6 ОХРАНА ТРУДА	61
6.1 Общие требования охраны труда	61
6.1.1 Требования охраны труда к производственным процессам, материалам, технологическому оборудованию и рабочим местам	61
6.1.2 Требования охраны труда к работам с повышенной опасностью	62
6.1.3 Требования к профессиональному отбору, инструктажу, обучению и проверке знаний правил по охране труда работающих	63
6.1.4 Требования к применению средств защиты работников	63

6.1.5 Режим труда и отдыха	64
6.1.6 Ответственность за нарушение требований по охране труда	64
6.1.7 Санитарно-бытовое и медицинское обеспечение работников металлургических производств	64
6.2 Анализ вредных и опасных производственных факторов.....	65
6.3 Несчастные случаи на производстве, подлежащие расследованию.....	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	69
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	70

									Лист
									4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР

ВВЕДЕНИЕ

В современном индустриальном обществе сталь благодаря широкому спектру целенаправленно регулируемых свойств, оптимальному соотношению цены и качества, хорошей способности к утилизации, остаётся базовым материалом стабильного развития общества. Широкое применение стали можно отметить во всех важнейших отраслях промышленности – это и при строительстве высотных зданий, и в энергетике и в экологической технике, в транспорте, в машино- и мостостроении, в автомобилестроении и в бытовой технике.

В соответствии с ускоряющимися темпами развития общества, его индустриализации, растёт потребление и производство стали в мировой металлургии. Заметно, что производство стали на данном этапе тоже растёт ускоренными темпами. За прошедшие десять лет объём производства стали вырос на 65,3%, а за последние пять лет – на 45,7%.

Мировой опыт показывает, что для повышения эффективности металлургического комплекса удаётся достичь при создании гибкой технологической системы, включающей металлургические заводы, оснащённые высокоэффективными модулями, в которых обязательно присутствуют агрегаты ковш-печь и высокопроизводительные машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) [1].

Одним из металлургических заводов является «Ашинский металлургический завод», прошедший путь модернизации производства – от мартеновских печей до электросталеплавильного производства, давшее ряд преимуществ и совершенства технологии производства стали.

В то же время металлургическая отрасль находится на втором месте среди всех других отраслей промышленности по атмосферным выбросам. Предприятия чёрной и цветной металлургии при извлечении металлов вынуждены использовать руду с очень низким содержанием полезных компонентов. Или как это делается на ашинском предприятии использование скрапа в завалку электропечи. Таким образом, на обогащение и плавку поступает огромный объём руды (скрапа), а это, в свою очередь, порождает большие количества отходящих газов из неиспользуемых компонентов. Именно загрязнение атмосферы является главной причиной экологических проблем, возникающих в результате деятельности металлургических гигантов. Выбросы из труб приводят к загрязнению почв, уничтожению растительности и образованию техногенных пустошей вокруг крупных заводов. К тому же, экологические проблемы отечественной металлургии обостряются из-за высокого износа оборудования и устаревших технологий. По данным Минпромэнерго, до 70% всех мощностей в отечественной металлургической промышленности являются изношенными, устаревшими и убыточными [2, стр.6].

Как следует из подготовленного Росстатом бюллетеня «Основные показатели охраны окружающей среды», на металлургию (чёрную и цветную) приходится примерно треть всех промышленных выбросов в атмосферу, в то время как продукция металлургических предприятий составляет лишь 17% от общего

					22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

объёма промпроизводства. Правда, загрязняют атмосферу металлурги по-разному. Предприятия чёрной металлургии «специализируются», прежде всего, на оксиде углерода, которого выбрасывают в воздух по 1,5 млн. тонн в год. Производители цветных металлов больше «предпочитают» диоксид серы, которым обогащают атмосферный воздух на 2,5 млн. тонн ежегодно. Всего металлургические предприятия выбрасывают в атмосферу 5,5 млн. тонн загрязняющих веществ. Всё это в итоге выпадает на головы жителей крупных металлургических центров. Существуют регионы, для которых присутствие металлургического комбината становится главной, если не единственной экологической проблемой.

И конечно же, от деятельности металлургических предприятий страдают не только воздух, но также вода и почва, а следовательно, и все окружающие. Особенность сточных вод, например, у предприятий цветной металлургии заключается в том, что они содержат большое количество тяжёлых металлов, которые имеют способность накапливаться в донных отложениях и аккумулироваться в трофических цепях. Происходит деградация экосистем многих примыкающих к комбинатам рек и озёр. За последние годы доля металлургии в общем объёме сбора сточных вод выросла с 16,5 до 17,9% [3].

									Лист
									6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР				

1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Описание стали марки 50Г

Сталь марки 50Г относится к качественной углеродистой конструкционной стали. Химический состав стали марки 50Г представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Химический состав стали марки 50Г согласно ГОСТ 4543-71 [4]

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	N
0,48- 0,56	0,17- 0,37	0,7-1,0	≤ 0,035	≤ 0,035	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,008

Примечание: для стали марки 50Г допускается массовая доля остаточных элементов не более: W – 0,20%, Mo – 0,15%, V – 0,05%, введение Ti – 0,03%.

1.2 Назначение стали марки 50Г

Применение стали марки 50Г нашло в изготовлении осей, коленчатых валов, шестерней, штоков, бандажей, деталей арматуры, шатунов, звёздочек, распределительных валиков, головок плунжеров, карданных валов и других деталей, которые должны удовлетворять требованиям повышенной прочности.

Стоит отметить недостатки данной марки стали: сильная чувствительность к перегреву и слабая коррозионная стойкость.

Сталь марки 50Г поставляют в виде сортового проката (ГОСТ 4543-71) или в виде ленты (ГОСТ 2283-79[5]).

На ашинском предприятии сталь марки 50Г выплавляется достаточно редко по простой причине – отсутствие заказов. Выплавляется данная марка стали по ТИ 123-Э-01, последующая доводка до заданного химического состава производится по ТИ 123-Э-10 и разливка осуществляется согласно требованиям ТИ 123-Э-15.

1.3 Технологическая схема производства ПАО «АМЗ»

Технологическая схема производства в условиях ПАО «Ашинский Метзавод» представляет собой:

- производство полупродукта в основной электродуговой печи ДСП-120;
- рафинирование и доводка стали до требуемого химического состава на агрегате ковш-печь (АКП-100);
- разливка на одноручьевой слябовой машине непрерывного литья заготовки (МНЛЗ).
- передача полупродукта на дальнейший передел (ЛПЦ-1) для получения конечного продукта производства (лист).

Технологическая схема производства представлена на рисунке 1.4.

									Лист
									7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР



Рисунок 1.4 – Технологическая схема производства стали

1.4 Оборудование

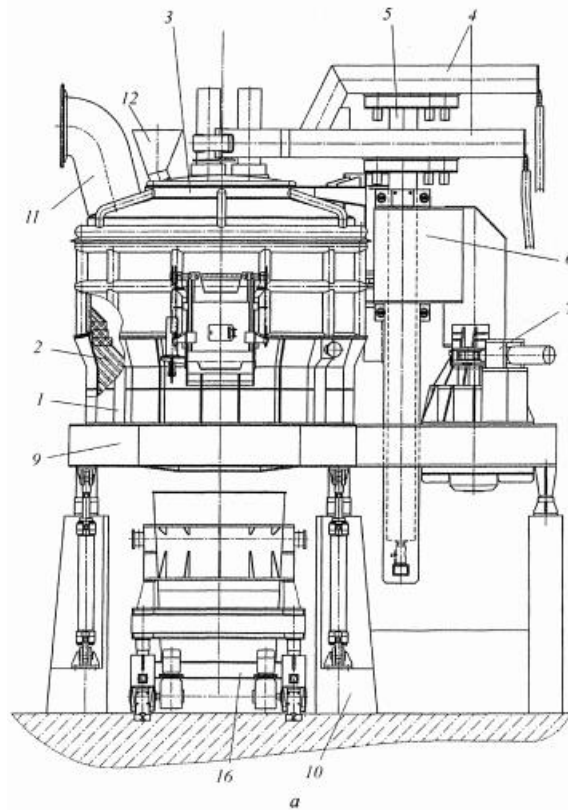
Для получения полупродукта (а именно сляб или слиток) в условиях ЭСПЦ-2 на ПАО «Ашинский металлургический завод» используются следующие агрегаты:

- ДСП-120;
- АКП-100;
- МНЛЗ (в случае получения слитка МНЛЗ не используется, а металл разливается в изложницы V типа сверху (сифонная разливка)).

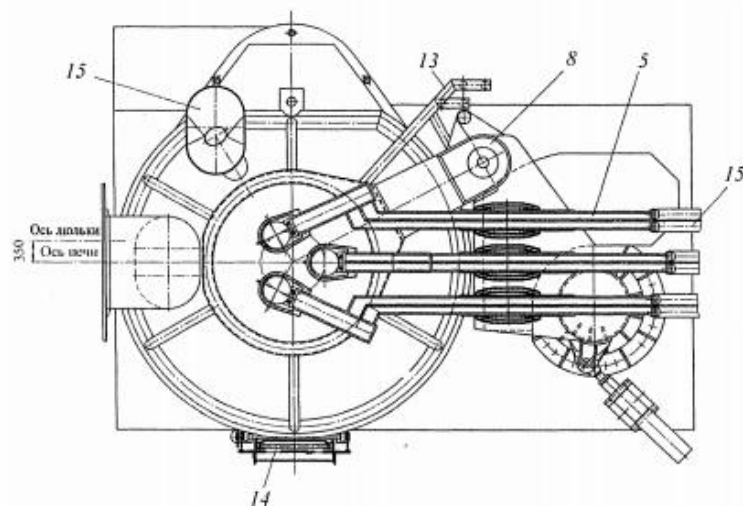
1.4.1 Участок ДСП-120

Для выплавки стали в условиях «Ашинского металлургического завода» используется дуговая сталеплавильная печь (ДСП-120) производства «Danieli» с наклонной платформой и с непрерывной подачей металлошихты через конвейер «Consteel». Общий вид дуговой сталеплавильной печи ДСП-120 представлен на рисунке 1.5.

									Лист
									8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					



а



б

Рисунок 1.5 – Общий вид ДСП:

а – вид на рабочее окно; *б* – вид сверху; 1- корпус печи; 2 – футеровка печи; 3 – свод; 4 – электродержатели; 5 – стойки электрододержателей; 6 – шахта с системой направляющих роликов и механизмом подъема свода; 7 – механизм поворота свода; 8 – элементы беспортальной конструкции; 9 – люлька с механизмом наклона печи; 10 – фундамент; 11 – патрубок газоотсоса сводовый; 12 – воронка загрузочная; 13 – система охлаждения печи; 14 – рабочее окно; 15 – вторичный токоподвод; 16 – сталевоz

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР

Лист

9

ДСП оснащена следующими основными элементами:

- корпус печи;
- футеровка;
- свод;
- водоохлаждаемые элементы и система охлаждения;
- механизм открывания донного выпускного отверстия;
- вторичный токоподвод;
- стойки электрододержателей с механизмом перемещения;
- шахта с системой направляющих роликов;
- портал (или безпортальная конструкция) с системой подъема и поворота свода;
- люлька и механизм наклона печи;
- фундамент печи;
- средства интенсификации плавки;
- насосно-аккумуляторная станция (НАС);
- электрогидравлический регулятор мощности;
- печной трансформатор;
- АСУТП;
- завалочная бадья;
- система бункеров, весодозирования и подачи шлакообразующих и легирующих компонентов в печь;
- устройство для вдувания порошкообразных материалов в ванну;
- система отбора и очистки образующихся при электроплавке газов;
- система электроснабжения.

Классическая технология предусматривает следующие этапы плавки [6, стр.80]:

- 1) заправка печи;
- 2) загрузка шихты (завалка);
- 3) плавление;
- 4) окислительный период;
- 5) восстановительный период;
- 6) выпуск плавки.

1) ЗАПРАВКА ПЕЧИ

Задача заправки печи – быстрое и качественное восстановление частично разрушенной (изношенной) или поврежденной во время предыдущей плавки футеровки ванны печи. Футеровка ДСП изготавливается из основных огнеупорных материалов и заправляется магнезитовым порошком.

Разрушение (износ) футеровки ванны дуговой сталеплавильной печи может быть вызвано механическим воздействием падающих кусков лома; воздействием электрических дуг, горящих вблизи от футеровки в начале плавления, когда на подине печи ещё очень мало расплавленного металла; действием струи кислорода во время продувки ванны в окислительный период плавки; механическим и

										Лист
										10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР

химическим воздействием жидких металла и шлака в течение всей плавки. Так, способность футеровки сопротивляться износу уменьшается из-за повышения температуры ванны по ходу плавки; с увеличением длительности плавки увеличивается износ футеровки ванны. После выпуска плавки из печи повреждения футеровки ванны наблюдаются в виде углублений (ямки) на откосах и подине печи. Часто такие углубления заполнены остатками жидкого металла и шлака.

Для качественного восстановления (ремонта) футеровки ванны печи заправку необходимо выполнять быстро, пока футеровка имеет высокую температуру и заброшенный на неё огнеупорный порошок способен привариваться к массиву футеровки. Остатки металла и шлака мешают качественной заправке, поэтому из ванны малых печей их удаляют вручную, а остатки обычно выдувают кислородом.

Некачественная заправка ванны затрудняет ведение плавки и получение качественного металла, так как неприварившийся к футеровке магнезитовый порошок всплывает в шлак и повышает его вязкость [6, стр. 81], а также может привести к аварийным ситуациям на предприятии.

Для заправки ДСП-120 на предприятии «Ашинский метзавод» используется огнеупорный порошок марки JEFRIT GM-1 [7] или PR-RM-03 [8] для восстановления откосов. Для этого его забрасывают с помощью специальной заправочной машиной, применение которой существенно сокращает время заправки. Заправку ДСП-120 производят один раз в 6-8 плавов, либо чаще, в зависимости от состояния футеровки печи. Это определяется визуально при открытии свода печи и шлаковой летки.

2) ЗАВАЛКА ШИХТЫ

Завалки шихты – максимально быстрая загрузка металлошихты в печь, рационально разместив его в рабочем пространстве печи (бадьева загрузка или система Consteel).

Основные цели во время загрузки:

- одинаковый порядок загрузки печи и скраповой бадьи;
- сокращение периода отключения питания во время соответствующей операции загрузки;
- избежание нанесения повреждений печи и огнеупору;
- сокращение задержек, вызванных тем, что сталь выдаётся из печи;
- сокращение риска поломки электродов ввиду падения скрапа;
- сокращение степени повреждений водоохлаждаемых панелей от дуг.

Для выплавки стали на ПАО «АМЗ» используется привозная металлошихта (собственного лома просто не хватает для обеспечения необходимого количества для нужд цеха) – это лом и скрап.

Если с ломом всё понятно, то скрап – это по идеи отходы производства. Очень малое количество предприятий работают с использованием скрапа, а если и

									Лист
									11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР				

используют, то скрап собственного производства («закозлившиеся» остатки, остатки металла в промковше или сталеразливочных ковшах).

Скрап может быть классифицирован по следующим характеристикам:

1. Химический состав: может быть разделён на нелегированный и легированный лом, данное разделение обеспечивает восстановление важных легирующих элементов, таких как Cr, Ni, Mo и т.д.

2. Размер: максимальный размер отдельных кусков лома не должен превышать 0,5 x 0,5 x 1,5 м для загрузки бадьи, Consteel, что касается конвейерного размера, то предпочтительны не крупные размеры для сокращения нагревательного процесса и не слишком малые размеры во избежание расплавления на конвейере.

3. Плотность: средняя плотность $\approx 0,7 \text{ т/м}^3$ и распределение лёгкого, среднего и тяжёлого скрапа.

4. Форма: относится к технологическому процессу, в котором он проявляется (скрап от токарной обработки, глубокой вытяжки) или обрабатывается (спрессованные связки, пакеты); для Consteel не рекомендуется использовать токарную стружку и тяжеловесные связки.

5. Степень загрязнения: от очень чистого «воронённого лома» (который возвращается из машиностроительного производства) до «очень засорённого» скрапа (связки второго сорта).

6. Происхождение: из участка сталеплавильного цеха и внешний закупленный скрап (установки обработки скрапа, завезённый или местный лом).

В завалку одной плавки разрешено использовать ограниченное количество следующих видов металлошихты:

- части и элементы боеприпасов, при наличии талона взрывобезопасности.
- пресс-пакеты, пресс-таблетки и стружку небрикетируемую в сумме не более 15 тонн. Увеличение расхода пресс-пакетов, пресс-таблеток и стружки небрикетируемой на плавку допускается при получении на предыдущей плавке (с расходом не более 15 т) удовлетворительного химического состава по содержанию примесей цветных металлов, но не более 30 тонн на плавку. В случае увеличения содержания примесей цветных металлов расход указанных видов металлошихты снижается или исключается для определения источника поступления цветных металлов;
- габаритный мелкий скрап однородной фракции менее 100 мм, в виде орешка (после магнитной сепарации) не более 10 тонн. Остальное количество (для выполнения плана по расходу скрапа), догружать скрапом более крупных фракций;
- немагнитный скрап с автозаезда, загружаемый «Фуксом», не более 10 тонн на плавку. При загрузке на конвейер мелкого скрапа (фракцией менее 100 мм), расход скрапа с автозаезда не должен превышать 5 т;
- окалина МНЛЗ в количестве не более 5 тонн на плавку при выплавке полупродукта для низкоуглеродистых марок стали (09Г2С, С345, С355, S355, 17Г1С). На плавках с использованием окалины МНЛЗ мелкий скрап (фракцией менее 100 мм) не использовать немагнитный скрап, загружаемый «фуксом». Окалину заваливать бадьей или через конвейер Consteel. При открытых

										Лист
										12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР

технологических зазорах (для стока воды) в конвейере Consteel окалину МНЛЗ, предпочтительнее использовать через бадью. В холодное время года, окалину использовать сразу в завалку, не давая ему слеживаться, т. к. может замерзнуть общей кучей. Для этого необходимо в цех завозить необходимое количество на серию плавок. Остальную окалину МНЛЗ складировать на открытой территории склада БРУ, не смешивая его с другими материалами.

Рациональное размещение шихты в рабочем пространстве печи означает такое размещение лома, при котором лом плавится быстро с наименьшими затратами энергии, исключается возможность серьёзных повреждений футеровки ванны и сводится к минимуму вероятность поломки электродов.

Отметим, что любые простои печи во время завалки, особенно простои с открытым рабочим пространством, приводят к заметному ухудшению показателей работы агрегата (увеличение расхода энергии, электродов, длительность плавки). Поэтому планировка цеха, конструкция печи и загрузочных устройств, организация работы цеха должны исключить возможность таких простоев [6, стр.84]. Но следует отметить, что они в любом случае неизбежны. Количество таких простоев (в процентах) закладывается в нормативной длительности плавки.

Завалка металлошихты в ДСП-120 на ПАО «АМЗ» осуществляется:

- бадьёй – применяется на 1-ой плавке после ППР, после заправки ДСП, в случае остановки конвейера «Consteel»;
- конвейером «Consteel» - основной способ загрузки;
- через отведённый свод – при загрузке крупногабаритной металлошихты и при загрузке окалины МНЛЗ через отведённый свод при помощи мостового крана и коробки.

Технология Consteel – технология, запатентованная фирмой Techint Technologies (Италия), название процесса выплавки электростали с непрерывной загрузкой горячей шихты. Схема технологии Consteel представлена на рисунке 1.6.

					22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

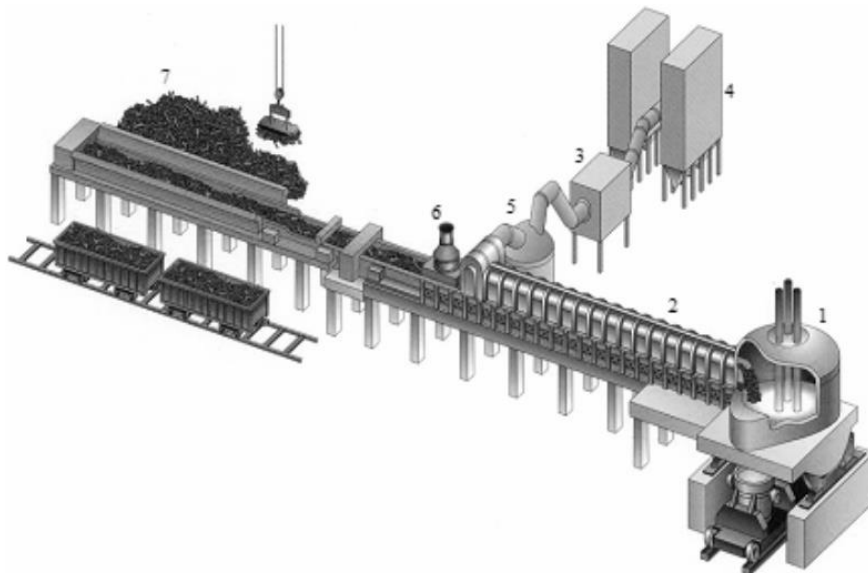


Рисунок 1.6 – Схема непрерывной загрузки скрапа по технологии Consteel:
 1 – электродуговая печь; 2 – зона нагрева шихты печными газами; 3 – камера охлаждения отходящих газов; 4 – рукавные фильтры; 5 – камера дожигания отходящих газов; 6 – динамическое уплотнение; 7 – зона загрузки

Скрап загружается на конвейеры магнитными кранами и перемещается по поверхности конвейера пульсирующими движениями ленты. Он перемещается вперёд вместе с конвейером и остаётся на месте при быстром возврате ленты, в результате чего материал через специальное загрузочное окно в кожухе печи подаётся в печь [9, стр. 124].

Технология Consteel обеспечивает следующие преимущества для производства металлопродукции:

- высокую производительность и гибкость производства;
- снижение отрицательного влияния на окружающую среду;
- безопасность для персонала;
- быструю окупаемость инвестиций;
- снижение производственных затрат.

Предварительный подогрев шихты позволяет значительно сократить расход технологической электроэнергии на расплавление. При средней температуре подогрева скрапа 400...600°C и полноте расплавления 70...80% массы завалки экономия энергии колеблется от 80 до 120 кВт*ч на тонну жидкой стали на выпуске.

В ДСП с системой Consteel, по сравнению с обычной, удельный расход технологической электроэнергии на плавление снижается на 160 кВт*ч, расход электроэнергии на систему газоотсоса и газоочистки – на 13 кВт*ч; продолжительность периодов плавления/рафинирования много меньше, чем при обычной электроплавке [9, стр.126].

Также на ПАО «АМЗ» используется технология работы с «болотом», при которой на каждом выпуске оставляют на подине до 15...20% металла и

некоторое количество шлака. Остальной шлак удаляется из печи через порог «самотёком» или наклоном печи.

Главное при работе ДСП с «болотом» являются энергетические преимущества. На высокомошных печах проплавление колодцев в массе кусков лома происходит так быстро, что в момент, когда электроды вплотную приближаются к подине, на ней не успевает накопиться достаточно глубокий слой расплава. Возникает опасность повреждения огнеупором мощными дугами. Этот фактор ограничивает увеличение электрической мощности печей. Наличие «болота» снимает указанное ограничение и позволяет наращивать электрическую мощность для дальнейшего увеличения производительности печи.

Работа с «болотом» расширяет возможности эффективного использования кислорода для продувки ванны, что также способствует увеличению производительности [10, стр.36].

При работе на «болоте» общий износ футеровки подины контролируется не реже одного раза в смену путём измерений с помощью шомпола, изогнутого на конце под углом 90° (по визуальной оценке) и рулетки, а также по показаниям теплоприборов в зонах ванны. Шомполом прощупывается вся площадь подины. В случае нарушения твёрдости подины или обнаружения углублений, принимаются меры к сливу плавки «насухо» и производят заправку подины.

3) ПЕРИОД ПЛАВЛЕНИЯ

Главная задача периода плавления – быстро и экономично расплавить шихту, т.е. выполнить эту операцию с минимальным расходом энергии, не допуская повреждений футеровки печи, без поломок электродов, избежав существенного насыщения расплава газами. Кроме того, к задачам периода плавления относят частичную дефосфорацию металлического расплава.

После выплавления первой загрузки до определённой степени следует постоянно подавать скрапа, доменный чугун, ЖПВ и горячее брикетированное железо через отверстие Consteel, расположенное на боковой стене ДС; уголь и известь подаются совместно с указанными материалами посредством системы перемещения материалов через свод.

Объём подаваемого скрапа регулируется за счёт компьютерной программы в зависимости от потребляемой мощности, доступной электрической и химической энергии, а также температуры ванны.

Данная программа учитывает также объём вводимого угля и извести или известняка.

Важно, чтобы операторы имели представление на случай, если подача будет осуществляться без поддержки автоматической системы.

Быстрое и экономичное расплавление лома в дуговой печи возможно лишь в случае правильного выбора электрического режима и достаточно строгого его соблюдения. Электрический режим периода плавления в принципе должен обеспечить введение в печь максимально возможной для данной стадии периода

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР				15

плавления мощности с обязательным учётом теплового состояния футеровки печи и созданием щадящего режима работы огнеупорной футеровки стен и свода.

По особенностям состояния рабочего пространства печи период плавления можно разбить на три стадии:

- 1) формирование зоны плавления;
- 2) плавление шихты с горением дуг на образовавшейся ванне жидкого металла при экранировании стен ломом;
- 3) доплавление остатков шихты при возможном излучении части энергии дуг на незащищённые ломом стены печи.

Для каждой стадии должен использоваться электрический режим, учитывающий ее специфику.

В стадии формирования плавильной зоны необходимо обеспечить устойчивую работу дуг и защиту свода и стен в начальной фазе плавления, найти оптимальное соотношение скоростей расплавления металла и рабочего перемещения электродов, чтобы в кратчайший срок наплавить достаточное количество жидкого металла, устранив возможность перегрева подины, и повысить эффективность использования вводимой в печь энергии. После погружения дуг в «колодцы», образовавшиеся в шихте (через 3...10 мин от начала плавления), выгоднее работать на возможно более длинных и мощных дугах при высоком значении $\cos\phi$ печной установки (т.е. на высоком вторичном напряжении и относительно малых токах). Нерасплавившийся лом и торцы электродов достаточно хорошо экранируют стены и свод от мощного теплового излучения. В таком случае большая часть энергии дуг излучается в стороны и плавит окружающий дуги лом. Передача энергии кускам лома, находящимся под электродами, происходит менее интенсивно, поэтому лом под дугами плавится медленнее, и скорость рабочего перемещения электродов вниз сравнительно невелика. К моменту опускания электродов в крайнее нижнее положение на подине печи успевает образоваться достаточно глубокая ванна жидкого металла, предохраняющая футеровку подины от перегрева и разрушения дугами.

После образования зоны плавления (получения жидкой ванны) в течение второй стадии расплавления, пока не проплавится лом, экранирующий стены, также выгодно работать на длинных дугах и максимальной мощности. В это время часть шихты погружена в жидкий металл, а другая часть лежит на откосах печи сравнительно далеко от дуг. Поэтому эффективность передачи энергии дуг лому излучением снижается, основным способом передачи энергии дуг твердой шихте становится передача тепла конвекцией через жидкий металл. Во второй стадии плавления значение коэффициента мощности печной установки может быть несколько ниже, чем в первой стадии, рабочие токи выше, длина дуг меньше.

При эксплуатации дуговых печей с кирпичной футеровкой очень важно своевременно уменьшить длину и излучающую поверхность дуг при переходе от второй к третьей стадии плавления, чтобы предохранить не экранированную шихтой поверхность футеровки стен от нагрева и оплавления. При этом рабочие токи возрастают, а коэффициент мощности печной установки снижается до

										Лист
										16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР

0,65...0,68. В результате условия работы стен улучшаются, но несколько уменьшается общий уровень вводимой в печь мощности. В то же время надо учитывать, что мощные короткие дуги глубже погружаются в расплав. В результате экранирования дуг расплавом излучение на футеровку стен и свода уменьшается и увеличивается усвоение тепла ванной, так как ей непосредственно передается больше энергии. Дуги горят более стабильно и меньше отклоняются к стенам под действием электродинамических сил. Несмотря на уменьшение коэффициента мощности печной установки, общее усвоение энергии ванной может возрастать, так как оно обычно растет быстрее, чем снижается коэффициент мощности. Показана [11] зависимость коэффициента использования тепловой энергии в рабочем пространстве печи $\eta_{ит}$ (в общем случае $\eta_{ит}$ - отношение доли активной мощности, расходуемой на повышение энтальпии расплава, к средней подводимой активной мощности) от коэффициента мощности. С уменьшением коэффициента мощности от 0,8 до 0,65 показатель $\eta_{ит}$ возрастал с 0,4...0,5 до 0,6...0,7.

ШЛАКООБРАЗОВАНИЕ В ПЕРИОД ПЛАВЛЕНИЯ

Для обеспечения защиты футеровки стен и свода дуговой печи от теплового излучения мощных электрических дуг и более полного и эффективного использования мощности печного трансформатора необходимо обеспечить раннее шлакообразование во время плавления. При этом может уже в период плавления начаться процесс дефосфорации и предотвращение поступления азота и водорода в металл.

По [12] для успешного получения основного шлака и быстрой ассимиляции частиц извести важно иметь достаточно окисленный (содержащий нужное количество оксидов железа) исходный расплав. Как мы знаем, в начале плавления в результате окисления компонентов шихты (Fe, Si, Mn) образуется так называемый шлак плавления, или первичный шлак очень низкой основности. Этот шлак растворяет оксиды кальция и магния (CaO, MgO), поступающие с известью и из футеровки подины и откосов. В слое жидкого шлака некоторое время (до полной ассимиляции) находятся кусочки извести. Компонентами шлака, ускоряющими его формирование в результате растворения в первичном шлаке извести, являются оксиды железа и кремния, поэтому в начале плавления целесообразно иметь шлаки пониженной основности, достаточно жидкоподвижные, способные быстро растворять твердые частицы извести, магнезита и т.п. Скорость образования шлака необходимой основности в значительной мере зависит от количества и свойств шлака плавления. Достаточно низкая температура плавления шлака, обеспечивающая его быстрое формирование и необходимую жидкоподвижность при наиболее часто используемом значении основности $(CaO) / (SiO_2) = 2$, может быть получена при содержании оксидов железа в нем не менее 15 %.

Ряд специальных приемов применяется для ускорения растворения извести в первичном окисленном шлаке. Например, на ПАО «АМЗ» используется известь

								22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					17

собственного производства марки ИС-1 и ИС-2 [13]. Известь данных марок получают в шахтной газовой противоточной печи (ШГП-4). Также известь поставляют на некоторые другие предприятия.

ДЕФОСФОРАЦИЯ СТАЛИ

Фосфор, содержащийся в готовой стали, чаще всего является вредной примесью и ухудшает служебные свойства металла. При кристаллизации слитков или отливок фосфор сильно ликвирует и выделяется в межзёрненном пространстве, образовавшаяся при этом неоднородность плохо ликвидируется методами термической обработки. Богатые фосфором хрупкие прослойки в межзёрненном пространстве снижают пластические свойства стали, особенно при низких температурах (явление, получившее название *хладноломкость*). В сталях с повышенным содержанием углерода вредное влияние фосфора проявляется сильнее. Для этого содержание фосфора в готовой электростали не должно превышать 0,035... 0,040 %; а в высококачественных сталях - 0,020 %. [9, стр. 93].

Как правило, дефосфорация, одна из самых важных химических реакций, происходящих во время плавления, обуславливается щёлочностью и температурой шлака; его содержание ввиду пентаоксида фосфора в результате реакции между фосфором и окисью железа затвердевает в шлаке посредством свободной извести в виде фосфорнокислой извести.

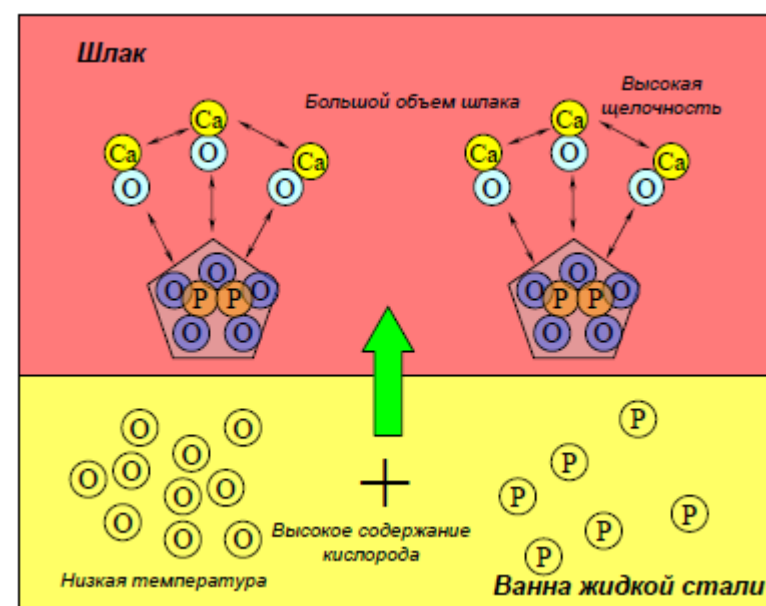


Рисунок 1.7 – Дефосфорация стали

Факторы, стимулирующие дефосфорацию стали (смещение равновесия слева направо):

- щёлочность шлака (пенистый шлак, высокая концентрация извести);
- содержание окиси железа (ввод кислорода для увеличения окисления шлака);
- температура стали (относительно низкая ввиду экзотермической реакции).

При условии, если концентрация фосфора в химическом составе стали постоянно превышает необходимое значение, то данное является показателем для увеличения значения щёлочности путём добавления большего количества извести.

Высокое содержание окисей кремния и алюминия замедляет дефосфорацию, сокращая активность извести.

- значение щёлочности должно быть примерно 1,5-2,5;
- содержание окиси железа примерно 20-30%;
- температура ванны жидкой стали не более 1580°C.

Наиболее важно производить дефосфорацию металла именно в ДСП, т.к. на других этапах производства стали фосфор из металла удалить практически невозможно. Поэтому содержание фосфора на выходе из ДСП задают узкими интервалами.

4) ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД ПЛАВКИ

Задачи окислительного периода плавки в дуговой сталеплавильной печи следующие: нагрев металла до необходимой температуры; окисление избыточного количества углерода, марганца, кремния; окончательная дефосфорация и частичная дегазация металла.

Длительность нагрева металла обычно определяет и общую длительность окислительного периода, особенно в печах с небольшой удельной мощностью трансформатора. Температура, до которой нагревают металл в окислительный период, зависит от большого количества факторов: вместимости печи, марки выплавляемой стали, применяемой технологии плавки, используемой схемы внепечной обработки жидкой стали, способа разлива металла и т.д. Обычно перегрев металла над температурой ликвидуса (начало кристаллизации) составляет 100 ... 150 °С.

Удаление газов из металла в окислительный период плавки происходит за счет экстрагирования их всплывающими из металла в шлак, а затем и в атмосферу печи пузырьками СО. Считается, что это экстрагирование является следствием стремления к равновесному распределению азота и водорода между металлом и пузырьками СО, в которых при их возникновении парциальное давление как азота, так и водорода равно нулю [14]. В таком случае количество удаляемых из металла газов определяется количеством выделяющихся из металла в единицу времени пузырьков СО, а увеличение скорости окисления углерода (т.е. интенсивности выделения пузырьков СО из ванны) должно приводить к возрастанию скорости удаления из металла азота и водорода в окислительный период плавки [9, стр.97].

5) ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД

После окислительного периода проводится восстановительный период, к настоящему времени достаточно интенсифицированный. Перед началом вос-

					22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

становительного периода обязательно и возможно более полно удаляется (скачивается) из печи окислительный шлак, чтобы избежать рефосфорации металла и облегчить получение хорошо раскисленного печного шлака, пригодного для диффузионного (экстракционного) раскисления и десульфурации металла в печи и во время выпуска плавки. Задачами восстановительного периода являются: раскисление, десульфурация и легирование металла; получение шлака с высокой рафинирующей способностью для обработки металла во время выпуска [9, стр.109].

Частичное раскисление и легирование производится в сталеразливочном ковше во время выпуска плавки через сталеразливочное отверстие (эркер).

1.4.2 Участок АКП-100

Очень эффективным оказался электродуговой способ нагрева, разработанный в 1965 году шведской фирмой ASEA-SKF для подогрева расплава в ковше. Впоследствии установки для электродугового подогрева получили название «ковш-печь» (англ. Ladle Furnace – LF). У нас такие установки называют «агрегатами ковш-печь» (АКП) или, исходя из возможности проведения в таких агрегатах многих технологических операций внепечной обработки, агрегатами комплексной обработки стали – АКОС.

АКП (рисунок 1.8) является наиболее универсальным «буферным» агрегатом между плавильным и разливочным участками сталеплавильного производства. Он позволяет с высокой точностью поддерживать температуру расплава на уровне, оптимальном для непрерывной разливки, и точно выдержать химический состав, в том числе оптимальное соотношение содержаний алюминия и кальция, а также проводить глубокую десульфурацию и микролегирование высокоактивными элементами.

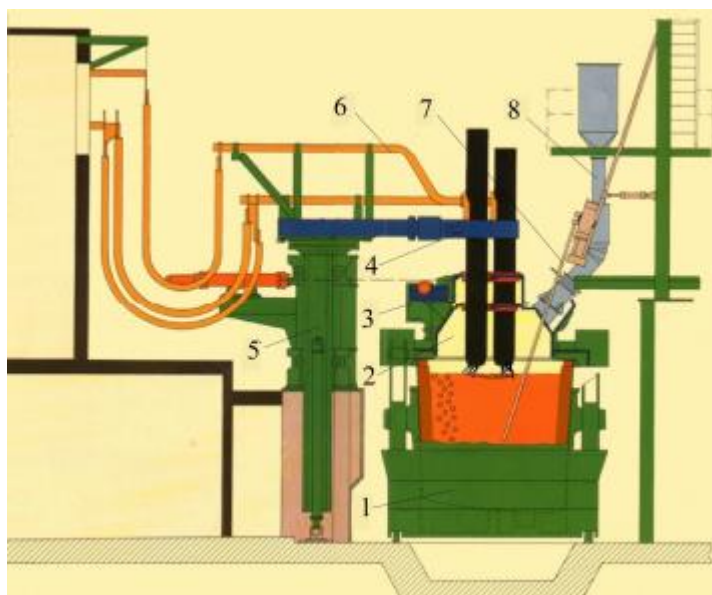


Рисунок 1.8 – Схема агрегата ковш-печь

Использование АКП позволяет снизить температуру выпускаемого из дуговой электропечи расплава примерно на 40°C, уменьшить продолжительность плавильных агрегатов, уменьшить расход огнеупоров и угар ферросплавов. Для МНЛЗ применение АКП позволяет увеличить количество безостановочных разливаемых плавов, повысить производительность и выход годного металла. Обработка расплава в АКП положительно влияет на качество металла: металл в меньшей степени загрязнён неметаллическими включениями, включения имеют более благоприятные свойства, более стабильным становится химический состав стали, а качество металла более надёжно воспроизводится от плавки к плавке.

Основными функциональными элементами АКП (рисунок 1.7) являются:

- самоходный сталевоз с системой взвешивания металла (1);
- водоохлаждаемый свод без огнеупорной сердцевины с приводом поднимания-опускания (2);
- самонесущая крышка с боковым отсасывающим патрубком (3);
- электрододержатели с приводами перемещения (4);
- портал с системой направляющих роликов (5);
- вторичный токоподвод – короткая сеть (6);
- трансформатор;
- система улавливания и отвода газов;
- приспособление для автоматического измерения температуры и взятия проб (7);
- манипулятор для автоматической замены продувочной фурмы и/или фурмы для вдувания порошков;
- трайбаппарат;
- установки для вдувания в металл порошкообразных материалов (извести и коксика);
- система перемешивания металла инертным газом;
- система автоматического подключения продувочного газа;
- бункеры для шлакообразующих материалов, раскислителей и легирующих добавок с системой взвешивания и дозирования (8);
- устройство для продувки инертным газом;
- автоматическая система управления (АСУ ТП) процессом обработки.

Для нагрева металла в АКП используется, как правило, трёхфазная дуга переменного тока. При этом скорость нагрева составляет 4...5°C/мин [15, стр.428].

1.4.3 МНЛЗ

Непрерывная разливка стали является важнейшим технологическим этапом в производстве металлопродукции, поскольку она обеспечивает перевод стали из жидкого состояния в твёрдое с приданием её определённой геометрической формы. Кроме этого условия охлаждения и затвердевание стали во время непрерывной разливки в значительной мере определяют высокое качество металлопродукции в сравнении с консервативной системой разливки в слитки.

										Лист
										21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР

Использование непрерывной разливки в сталеплавильном производстве способствует экономии капиталовложений в связи с исключением затрат на парк изложниц, сооружение цеха подготовки составов, стрипперного отделения, обжимных станков, а также обеспечивает значительную экономию металла вследствие уменьшения обрезки, экономию энергии, которая тратилась на подогрев слитков в нагревательных колодцах, позволяет снизить экологическую нагрузку на атмосферу, повысить качество металлопродукции, автоматизировать процесс литья и улучшить условия работы обслуживающего персонала [16, стр.7].

В сталеплавильном цехе ЭСПЦ-2 ПАО «АМЗ» имеется отделение непрерывной разливки стали со слябовой машиной непрерывного литья заготовок фирмы «STB» (рисунок 1.9).

Разливка стали может осуществляться методом «плавка на плавку» полностью закрытой струей, то есть с применением защитной трубы, погружного стакана, с добавлением разливочного порошка и в защитной среде аргона.

Расчет максимальных скоростей разливки выполняется отдельно для толщин слябов 180 мм и 240 мм при этом максимально допустимые скорости разливки рассчитаны из условия принятой конструктивно металлургической длины МНЛЗ, равной 25,87 м, чтобы жидкая фаза слитка не попала в зону действия машины газовой резки.

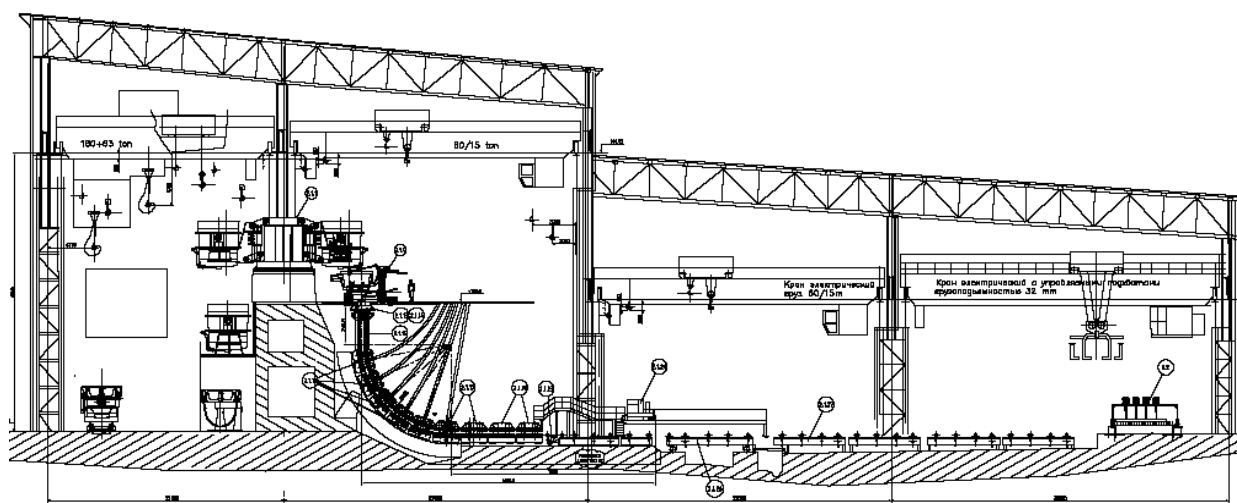


Рисунок 1.9 – Общий вид МНЛЗ

Основные технические данные слябовой МНЛЗ:

- количество ручьев – 1;
 - радиус разливочной дуги – 8 м;
 - максимальная скорость машины – 2,17 м/мин;
 - диапазон рабочей скорости машины в направлении разливки:
 - для сляба толщиной 240мм – 0,97-1,22м/мин;
 - для сляба толщиной 180мм – 1,72-2,17мин.
- (в зависимости от марки разливаемой стали)
- при вводе затравки – 0,2– 3,5 м/мин;

						Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР	

- металлургическая длина машины – 25,68м;
- толщина отливаемого слитка – 180, 240 мм;
- ширина форматов – 900 до 1600 мм;
- длина слябов – 4,5 – 6,8 м;
- уровень рольганга - +1000 мм;
- вместимость ковша (жидкая сталь) – 110 т;
- масса плавки – 100 т;
- цикл разливки – около 50 - 60 мин.

Основными отличительными характеристиками оборудования являются:

1) Преимущества прямого кристаллизатора

а) Более равномерное соприкосновение корочки слитка с поверхностью плит кристаллизатора. Обеспечивается равномерный рост корочки слитка по периметру его поперечного сечения, что создает условия для повышенной безопасности относительно прорывов.

б) Прямой кристаллизатор с вертикальной частью зоны загиба создают оптимальные условия для снижения скопления неметаллических включений на внутренней части кристаллизующей корочки слитка со стороны малого радиуса.

в) Прямые плиты кристаллизатора способствуют: простоте изготовления, простоте проведения механической обработки медных плит и опорных рам, простоте техобслуживания, простоте проверки правильности положения при установке кристаллизатора в машину.

2) Гибка и правка непрерывно отливаемого слитка

Гибка и правка слитка осуществляется по определенной кривой, обеспечивающей при гибки и правке изменение удлинения на фронте кристаллизации постоянным, исключая образование внутренних трещин.

3) Секционированная направляющая ручья

Основными признаками сегментированной направляющей ручья являются:

- комплект жестких сварных рам с точными базовыми поверхностям, обеспечивающих стабильное положение сегментов направляющей ручья при длительном ведении технологического процесса,

- удобные демонтаж и монтаж сегментов с помощью цепного манипулятора, навешиваемого на крюк цехового крана,

- направляющие для манипулятора обеспечивают необходимую точность позиционирования сегмента при установке его на поддерживающую конструкцию,

- простое регулирование и контроль при техническом обслуживании сегментов на стендах для их подготовки.

4) Расстояние между роликами

Сегменты оснащены небольшими диаметрами роликов, определяющими небольшие расстояния между ними, следствием чего является:

- минимизация выпучивания от ферростатического давления корочки слитка в шаге между роликами,

						22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			23

- достижение меньшего момента на приводных роликах,
- выполнение роликов разрезными с промежуточной опорой.

Суммарные напряжения растяжения на фронте кристаллизации слитка при различных скоростных режимах ведения разливки, вызванные правкой (загибом) слитка, выпучиванием корки слитка в шаге между роликами и усилиями вытягивания, не превышают критической величины, определяющей образование внутренних трещин в двухфазном слое.

5) Охлаждение разрезных роликов

Охлаждение разрезных роликов осуществляется следующим образом:

- внешнее охлаждение поверхности роликов по технологической длине зоны загиба,
- внутреннее охлаждение роликов на технологической длине установки сегментов,
- охлаждение корпусов опор роликов на технологической длине установки сегментов.

Контуры охлаждения для внутреннего охлаждения роликов и охлаждения опор представляют собой закрытые контуры и снабжаются подготовленной водой [17, стр. 5].

1.5 Влияние системы непрерывной подачи шихты «Consteel» на технико-экологические показатели производства

Consteel – это процесс, при котором осуществляется непрерывная подача и предварительный нагрев металлической шихты (тяжёлого и лёгкого лома, чугуна, ГБЖ и т.д.) в ДСП с одновременным контролем за газообразными выбросами.

В числе основных преимуществ системы Consteel – сокращение потребления электроэнергии, вызванное эффектом предварительного нагрева, тот факт, что отсутствует необходимость открывания свода печи для загрузки лома, высокий коэффициент «включения электроэнергии/время от выпуска до выпуска» и постоянное наличие вспененного шлака. Предварительный нагрев шлака важен для сбережения энергии, но за последние 20 лет непрерывная загрузка может считаться основным преимуществом с точки зрения безопасности, сокращения излишек производства, снижения негативного влияния на окружающую среду, создания комфорта и эргономичности для персонала [9, стр.126].

Непрерывная плавка скрапа приводит к меньшему шумовому воздействию, чем загрузка посредством скраповой бадьи, и потрескивание является верным показателем чрезмерной подачи, обычно вызванной накоплением скрапа перед соединительной тележкой Consteel.

Данное может произойти ввиду недостаточной пенности шлака или чрезмерной подачи; устранение данной проблемы может быть осуществлено различными способами:

- сокращение интенсивности подачи скрапа;
- увеличение мощности;
- увеличение объёма шлака путём добавления угля (образование пены).

									Лист
									24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР

1.5.1 Техничко-экологические преимущества

ДСП с непрерывной загрузкой горячейшихты имеет две главные особенности, которые делают её отличной от большей части других технологий: предварительный подогрев и непрерывная загрузка шихты. Это обеспечивает существенные экологические преимущества – высокую производительность и гибкость производства одновременно со снижением отрицательного влияния на окружающую среду.

1. Плавка с непрерывной загрузкой металлошихты в расплавленный металл, когда дуга в течение всей плавки горит на «плоском зеркале» Жидкой ванны, имеет значительные энергетические преимущества перед традиционной плавкой с бадьевой загрузкой, когда плавится холодный скрап, которые проявляются в более высокой доле активной мощности, отбираемой печью от питающего трансформатора, уменьшении бросков тока, снижении уровня шума во время плавки, меньшем воздействии работающей ДСП на других потребителей питающей электросети (например, устраняется фликер-эффект мерцания электроосвещения). В результате мощность, подводимая к ДСП, может быть увеличена на 20%.

2. Электрические дуги постоянно горят на зеркало ванны, и расплавление (растворение) предварительно нагретого скрапа происходит сразу при его погружении в жидкий металл. Если скрап предварительно не нагрет, то он, прежде чем расплавиться, в течение некоторого времени нагревается, на поверхности кусков под влиянием охлаждающего действия его внутренних слоёв нарастает корочка (намороженный слой металла). Плавление начинается по достижении определённой температуры нагрева внутренних слоёв – вначале плавится намороженный слой, затем основная масса куска скрапа.

Интенсивное перемешивание ванны в электропечи под воздействием её кипения, электромагнитных сил и инжектирования в металл газов и порошкообразных материалов усиливает теплообменные процессы между расплавом и погруженным в него скрапом. Эти технологические преимущества проявляются в сокращении продолжительности плавки, (так как сокращается время отключений печи) и повышении производительности.

3. Отсутствует холодное начало плавки, в печи (расплаве) поддерживается постоянная температура практически по всему ходу плавки. Для электродуговых печей это означает стабильное горение дуг на жидкий металл без коротких замыканий электродов на куски скрапа и поэтому происходит равномерное потребление мощности (без «бросков» тока).

4. Более раннее формирование активного шлака (в связи с высокой температурой ванны в начале плавки) и, следовательно, лучшие условия для протекания металлургических реакций.

При непрерывной загрузке лома расход энергии сокращается примерно на 20 кВт*ч/т жидкой стали, так как устраняются потери тепла при открытии свода печи. В результате непрерывной загрузки лома в ДСП достигаются результаты, представленные в таблице 1.2.

									Лист
									25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР

Таблица 1.2 – Показатели работы ДСП с системой «Consteel» по сравнению с классической ДСП

Показатель	Изменение величины, %
Сокращение времени отключений печи	40
Повышение производительности печи	Более 15
Уменьшение бросков тока	20
Уменьшение шума печи	30
Увеличение подводимой мощности	20
Уменьшение числа операций оборудования печи	10
Сокращение объёма техобслуживания	10
Уменьшение воздействия на окружающую среду	15
Окупаемость капиталовложений	Примерно год

Характерные параметры установки Consteel с учётом всех усовершенствований приведены в таблице 1.3 [9, стр.128].

Таблица 1.3 – Основные показатели технологии Consteel

Показатель	Расход, характеристика
<p>1. Производительность:</p> <p>а) отношение периода работы под током к продолжительности плавки от выпуска до выпуска;</p> <p>б) производительность на 1 МВт;</p> <p>в) коэффициент использования оборудования</p>	<p>от 90% до 95% (отключение тока только во время выпуска)</p> <p>25 т/ч</p> <p>Более 98% всего фонда рабочего времени</p>
<p>2. Металлическая шихта:</p> <p>а) размеры кусков;</p> <p>б) плотность шихты;</p> <p>в) выход годного металла;</p> <p>г) другая шихта.</p>	<p>Любая готовая шихта для ДСП</p> <p>Вплоть до средней плотности 0,3...0,4т/м³.</p> <p>На 1...2% выше по сравнению с периодической загрузкой</p> <p>Железо прямого восстановления, горячекатанное железо, твёрдый и жидкий чугун</p>

Показатель	Расход, характеристика
<p>3. Расходные показатели и потребность в рабочей силе (на тонну жидкой стали)</p> <p>а) электроэнергия;</p> <p>б) кислород;</p> <p>в) углерод;</p> <p>г) природный газ (включая дожигание);</p> <p>д) электроды;</p> <p>е) огнеупоры;</p> <p>ж) эксплуатационный / обслуживающий (ремонтный) персонал</p>	<p>325...350 кВт*ч</p> <p>20...40 м³</p> <p>5...25 кг</p> <p>Не используются</p> <p>1,0...1,5 кг для ДСП на переменном токе и</p> <p>0,9...1,1 кг – на постоянном</p> <p>Снижение расхода на 40-60% на сравнение с периодической загрузкой ДСП</p> <p>снижение потребности на 2/3 чел.-смены</p> <p>по сравнению с периодической загрузкой ДСП</p>
<p>4. Содержание кислорода, азота, водорода</p>	<p>Ниже по сравнению с периодической загрузкой ДСП</p>
<p>5. Газоочистка:</p> <p>а) первичные газы;</p> <p>б) вторичные газы;</p> <p>в) пыль в выбросах;</p> <p>г) пыль и газы на уровне рабочей площадки печи</p>	<p>Выбросы сократились на 20...30% по сравнению с периодической загрузкой ДСП</p> <p>Выбросы ниже на 50% для аналогичной печи при загрузке бадьями</p> <p>Выбросы сократились на 30...40% по сравнению с периодической загрузкой ДСП</p> <p>Очень низкое содержание</p>
<p>6. Затраты на ремонты (плановые и внеплановые)</p>	<p>Меньше, чем на ДСП с периодической загрузкой</p>
<p>7. Воздействие на систему электроснабжения. Мигание (фликер-эффект) и высокочастотные гармоники</p>	<p>Ниже на 60...70% по сравнению с ДСП с периодической загрузкой</p>
<p>8. Воздействие на окружающую среду:</p> <p>а) шум;</p> <p>б) радиоактивность;</p> <p>в) выброс CO₂ в эквивалентных тоннах;</p> <p>г) ДиФ, СО и NO_x в выбросах</p>	<p>Ниже 95 дБ на расстоянии 10 м от рабочего окна ДСП</p> <p>дополнительный контроль</p> <p>ниже на 10...30% по сравнению с периодической загрузкой</p> <p>Содержание соответствует немецким и японским стандартам</p>

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР

Лист

27

Реакции между шлаком и металлом протекают практически в равновесных условиях в течение всей плавки. Содержание газов в металле снижается, сталь меньше окисляется.

Вследствие пониженного содержания FeO в шлаке окисленность стали при процессе Consteel снижается, уменьшается эрозия огнеупоров, вязкость шлака оптимальна для его вспенивания. Низкая концентрация FeO в шлаке способствует повышению выхода годного и позволяет загружать в печь меньше скрапа для получения того же количества жидкой стали.

За счёт равномерного горения дуг уровень шума перед рабочим окном на расстоянии 10 м от печи уменьшился с 110 до 85...90 дБ.

Общее потребление энергии при переходе на новый технологический процесс существенно снизилось, выбросы CO₂ уменьшилось почти на треть (см. таблицу 1.4).

Таблица 1.4 – Выбросы CO₂, т/т жидкой стали

Источник энергии	Выбросы	
	В обычной ДСП	В ДСП с системой Consteel
Электроэнергия на плавление	0,37	0,25
Кислород	0,015	0,023
Электроды	0,02	0,012
Природный газ	0,006	0
Углерод	0,02	0,03
Электроэнергия на газоотсос и газоочистку	0,02	0,018
Всего	0,46	0,33
Изменение, %	Базовая величина	-27,3

Примечание: * - коэффициенты для пересчёта: 1кВт*ч электроэнергии = 0,000734 CO₂; 1 м³ кислорода = 0,0007 CO₂; 1 кг электродов = 4,52 кг CO₂; 1 м³ природного газа = 2,35 CO₂.

Отходящие газы из печи с системой Consteel поступают через зону подогрева скрапа на конвейере, а затем – в первичную линию системы газоотсоса. При наклоне печи для слива металла и скачивания шлака отверстия печи и канала туннеля, где нагревается скрап, примыкают одно к другому, поэтому в первичной линии газоотсоса всё время поддерживается необходимое разрежение. На печах с бадьевой загрузкой необходима вторичная линия газоотсоса в виде зонта над печью, так как при наклоне печи на выпуске металла работа первичной линии прерывается. В этом случае через систему газоотсоса и газоочистки проходит гораздо большее количество газа и пыли из-за поступления в зонт окружающего воздуха. Таким образом, система Consteel позволяет снизить нагрузку на систему газоотсоса и газоочистки.

Твёрдые частицы, выносимые из печи отходящими газами, частично осаждаются на скрапе в зоне подогрева и возвращаются в печь, что позволяет уменьшить количество пыли, попадающей в систему газоочистки. Так как свод печи практически не открывается во время плавки, а в самой печи создаётся небольшое разрежение, пыль не попадает в зону обслуживания печи на рабочей площадке [9, стр.130].

1.5.2 Снижение негативного воздействия на окружающую среду

- Экономия энергии. Предварительный подогрев шихты позволяет значительно сократить расход технологической электроэнергии на плавку. При средней температуре подогрева скрапа от 400 до 600°C и полноте расплавления от 70 до 80% всей массы завалки экономия энергии составляет от 80 до 120 кВт*ч/т стали.

Загрузка горячей шихты (чугуна, продуктов прямого восстановления железа) даёт дополнительные преимущества – снижается расход энергии, повышается производительность. Например, дополнительная энергия, вносимая в ДСП при загрузке чугуна с температурой 1300°C, составляет около 280 кВт*ч/т стали по сравнению с загрузкой чушкового чугуна при комнатной температуре.

- Снижение расхода электродов и футеровки. В результате равномерного и стабильного нагрева, наведения пенистого шлака, а также сокращения времени плавки расход электродов и футеровки существенно уменьшается.

- Снижение уровня шума. Поскольку дуга на протяжении всей плавки горит между электродами и жидким металлом, уровень шума снижается до безопасных значений.

- Снижение выбросов пыли. При прохождении запыленных печных газов через скрап происходит их фильтрация – осаждение части пыли на скрапе и возврат обратно в печь. При этом снижается выброс пыли, выход годного возрастает [9, стр.134].

1.6 Контроль качества продукции

Определение химического состава продуктов металлургического производства является одним из специфических направлений производственной деятельности современного металлургического предприятия, позволяющих обеспечить стабильность технологических процессов и требуемое качество продукции. Стабилизация технологического процесса плавки металла достигается как стандартизацией состава исходных шихтовых материалов, так и прямым контролем и регулированием процесса плавки по составу используемых и выпускаемых продуктов. Точность и надежность контроля должны соответствовать условиям непрерывного производства. Такие требования обеспечивает автоматизация анализа и контроля, начиная от состава исходных шихтовых материалов до получения готовой продукции заданного состава и свойств. Для определения состава применяют химические, физико-химические и

										Лист
										29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР

физические методы анализа. При выборе метода анализа исходят из необходимой точности, чувствительности и скорости определения химического состава.

В сталеплавильных цехах металлургических заводов контроль химического состава металла и шлака по ходу плавки осуществляют с использованием экспресс-анализа. Особенностью экспресс-анализа является его быстрота, своевременность получения результатов и точность, гарантирующая получение в заданный момент плавки металла и шлака требуемого состава. Для выполнения экспресс-анализов обычно вместо химических применяют более скоростные физико-химические и физические методы. Для контроля химического состава материалов и продуктов производства, поступающих на завод и отправляемых заводом потребителю, применяют маркировочный анализ. По результатам маркировочного анализа определяют соответствие состава полупродуктов и готовой продукции установленным нормам (стандартам), поэтому определение содержания всех компонентов продукта осуществляют с высокой точностью.

Контроль химического состава металла с участков ДСП, АКП и МНЛЗ осуществляется в лаборатории экспресс-анализа, которая находится на участке АКП. Контроль химического состава шлака осуществляется в ЦЗЛ (Центральная заводская лаборатория), куда проба шлака доставляется по пневмопочте.

Контрольный анализ проводят в случае необходимости проверки или уточнения результатов маркировочного анализа или точного определения содержания некоторых компонентов продукта. Для контрольного анализа часто используют те же методы, что и для маркировочного, но выполняют его с еще большей тщательностью высококвалифицированные специалисты, нередко с одновременным выполнением анализа несколькими специалистами. Контрольный анализ рекомендуется проводить по стандартизованным методам.

Арбитражный анализ по своему характеру является контрольным, необходимость в проведении которого возникает при расхождении результатов анализа, полученных поставщиком и потребителем данной продукции. Арбитражный анализ выполняют с использованием трех или четырех навесок обычно теми же методами, что и маркировочный, но определение проводят наиболее квалифицированные специалисты при соблюдении высоких требований к метрологическому обеспечению измерений химического состава. Арбитражный анализ проводят по стандартизованным методам [18].

Выводы по разделу 1:

1. Для производства стали на ПАО «Ашинский металлургический завод» используются следующие агрегаты: ДСП-120 с непрерывной системой загрузки металлошихты «Consteel», АКП-100 и МНЛЗ.

2. Самые главные задачи ДСП – это переплав привозной шихты и скрапа в жидкий полупродукт, направляемый на следующий передел, с необходимой температурой расплава и дефосфорация металла, так как на других участках удаление фосфора практически невозможно.

									Лист
									30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР				

3. Система «Consteel» обладает существенными отличиями и преимуществами от классической технологии производства бадьями – подогрев шихты ($\approx 300^{\circ}\text{C}$) и непрерывная загрузка шихты. Это приводит к высокой производительности и гибкости производства.

4. При выборе такой системы, как система «Consteel» предприятие сокращает выбросы пыли и CO_2 , снижая негативное воздействие на окружающую среду. Также снижается уровень шума на производстве, что благоприятно сказывается на условиях работы обслуживающего персонала.

5. На участке АКП-100 происходит доводка стали до заданного химического состава путём ввода легирующих и раскислителей (в зависимости от производимой марки стали) и необходимой температуры перед подъёмом на МНЛЗ.

6. На участке МНЛЗ происходит формирование твёрдой заготовки необходимых заданных размеров из-за кристаллизации металла благодаря равномерному охлаждению металла, проходящему ЗВО (зоны вторичного охлаждения).

									Лист
									31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР				

2 РАСЧЁТНАЯ ЧАСТЬ

Расчёт материального баланса выполнен по методичке Л.М. Симонян [19] на примере стали марки 50Г. Химический состав представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Химический состав стали марки 50Г (ГОСТ 4543[4])

Марка стали	Массовая доля элементов, %								
	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe
50Г	0,48-	0,17-	0,7-	не более					Ост.
	0,56	0,37	1,0	0,3	0,035	0,035	0,3	0,3	

В таблице 2.2 приведён расчётный состав металлошихты. Выбор шихтовых материалов производим согласно методички А.В. Рябова (см. Приложение 5) [20]. Для снижения себестоимости стали в завалку плавки используем скрап (расход скрапа колеблется от 5 до 60 т на плавку).

В таблице 2.3 представлен состав шлакообразующих материалов, используемых для расчётов. Для шлакообразования используем известь марки ИС-1 собственного производства.

Таблица 2.2 – Состав металлошихты

Материал	Содержание элементов, %									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Al	Fe
Скрап	1,4	0,10	0,04	0,008	0,026	0,5	0,15	0,15	0,003	97,77
Лом Б-76 [19]	0,9	0,45	0,8	0,020	0,020	0,15	0,15	0,15	0,02	97,49

Таблица 2.3 — Шлакообразующие материалы

Материал	Содержание, %										ППП
	Ca O	SiO ₂	MgO	Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	FeO	CaF ₂	S	P ₂ O ₅	P	
Известь [13]	92	1,5	6	-	-	0,03	-	0,05	0,08	-	4

Принимаем, что в завалку ДСП подаётся известь в количестве 5 % от массы металлошихты.

В таблице 2.4 приведён состав легирующих. Для легирования используем ферросилиций марки ФС65 и ферросиликомарганец марки МнС17.

В таблице 2.5 представлены значения коэффициента усвоения элементов, в таблице 2.6 – технологические параметры ДСП.

Таблица 2.4 — Химический состав легирующих

Материал	Содержание, %						
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Fe
ФС65 [21]	0,1	65	0,4	0,050	0,020	-	28,00
МнС17 [22]	7	15	75	0,035	0,03	-	2

Таблица 2.5 – Значения коэффициента усвоения элементов

Элемент	C	Si	Mn	Cr	Ni	Fe
$K_{усв}, \%$	90	85	90	95	9	96

Таблица 2.6 – Технологические параметры печи

Параметр	Ширина	Высота	Площадь	Высота до пят свода, мм
Размеры рабочего окна	1450	1045	1,52	2070

Расчёт выполнен в на примере ДСП-120 ЭСПЦ-2 ПАО «АМЗ» производства «Danieli».

Таблица 2.7 – Усреднённый состав стали, %

Марка стали	Массовая доля элементов, %								
	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe
50Г	0,5	0,25	0,8	0,2	0,020	0,020	0,2	0,15	97,86

Для обеспечения дегазации расплава необходимо, чтобы в период расплавления окислилось 0,2% углерода, в период окисления 0,4%, итого за время плавки должно окислиться 0,6% углерода. Следовательно, с учётом того что в металле к концу плавки должно остаться 0,5% углерода, в шихте его должно содержаться:

$$0,5 + 0,6 = 1,1\%.$$

Если доля лома в металлошихте составляет X, то с учётом содержания углерода в ломе и чугуна (см. таблицу 2.2) количество углерода составляет:

$$0,9 * X + 1,4 * (1 - X) = 1,1\%,$$

где 0,9 – содержание углерода в ломе, %;

1,4 – содержание углерода в скрапе, %.

$X = 0,6$, т.е. доля лома составляет 60%, доля скрапа – 40%, а отношение количества лома к количеству скрапа:

$$\frac{0,6}{0,4} = 1,5.$$

В таблице 2.8 приведён состав металлошихты в завалке.

Таблица 2.8 – Состав металлошихты в завалке, %

Материал	Доля, %	Содержание элементов, %									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Al	Fe
Скрап	40	0,47	0,03	0,01	0,003	0,009	0,17	0,05	0,05	0,001	32,59
Лом Б-76	60	0,45	0,23	0,40	0,010	0,08	0,08	0,08	0,08	0,010	48,75
Σ	100	0,92	0,26	0,41	0,013	0,019	0,24	0,13	0,13	0,011	97,88

Для успешной дефосфорации рекомендуется обеспечивать основность шлака на уровне 2-3. В окислительный период в ванну присаживают 5% извести от массы шихты.

Необходимое количество металлошихты для получения 120 т готового металла определяем:

$$\frac{97,87}{97,88-4} * 120\ 000 = 125100 \approx 125000 \text{ кг,}$$

где 97,87 – содержание железа в готовой стали, %;

(97,88 - 4) – содержание железа в шихте за вычетом окислившегося (4%) за время плавки, %.

Для обеспечения раннего шлакообразования, предохраняющего металл от окисления, и для дефосфорации в процессе плавления в завалку подаётся известь марки ИС-1 в количестве 5% от массы шихты. В таблице 2.9 приведён состав завалки.

Таблица 2.9 – Состав завалки

Материал	Содержание, %	Масса, кг
Лом	60	125000*0,6=75000
Скрап	40	125000*0,4=50000
Итого	100	125000
Известь	5	6250

В таблице 2.10 приведён расход материалов на плавку.
Количество углерода, содержащегося в ломе в расходе материала на плавку, определяем:

$$\frac{125000 * 0,9}{100} = 1125 \text{ кг.}$$

Аналогично проводится расчёт содержания других элементов в ломе и скрапе.

Таблица 2.10 – Расход материалов на плавку

Материал	Количество, кг	Количество элемента, вносимого каждой составляющей металлошихты, кг									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Al	Fe
Лом	75000	675,0 0	337,5 0	600,0 0	15,0 0	15,0 0	112,5 0	112,5 0	112,5 0	15,0 0	73117,5 0
Скрап	50000	700,0 0	50,00	20,00	4,00	13,0 0	250,0 0	75,00	75,00	1,50	48886,5 0
Итого	125000	1375,00	387,50	620,00	19,00	28,00	362,50	187,50	187,50	16,50	125000,00
Итого, %	100	1,10	0,31	0,50	0,015	0,022	0,29	0,15	0,15	0,013	97,60

В таблице 2.11 представлен расчётный состав металла на конец периода расплавления.

Количество углерода на конец периода окисления составляет (таблица 2.11):

$$\frac{1375 * (100 - 23)}{100} = 1058,75 \text{ кг.}$$

Аналогично проводится расчёт содержания других элементов в ломе.

Таблица 2.11 – Расчётный состав металла на конец периода расплавления

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Cu	Fe	Σ
В шихте, кг									
1375,00	387,00	620,00	362,50	187,50	28,00	19,00	187,50	122004,00	125187,50
Окислилось, %									
23	50	10	10	0	0	53	0	1	-
Осталось, кг									
1058,75	193,75	558,00	326,25	187,50	28,00	17,10	187,50	120783,96	123340,81
Осталось, %									
0,86	0,16	0,45	0,26	0,15	0,023	0,014	0,15	97,93	100,00

Таблица 2.12 – Расчётный состав металла на конец периода окисления

С	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Cu	Fe	Σ
В шихте, кг									
1058,75	193,75	558,0	326,25	187,5	28,00	17,10	187,50	120783,96	123340,81
Окислилось, %									
56	100	70	11	4	33	25	4	3	-
Осталось, кг									
465,85	0,00	167,4	290,363	180,0	18,76	12,83	180,00	117160,44	118475,64
Осталось, %									
0,39	0,00	0,14	0,25	0,15	0,016	0,011	0,15	98,89	100,00

Выход годного составляет:

$$R = \frac{Q_{\text{мет}}}{Q_{\text{шихта}}} * 100\%,$$

где $Q_{\text{мет}}$ – количество (масса) полученного металла, кг;
 $Q_{\text{шихта}}$ – масса металлошихты, кг.

После подстановки численных значений:

$$R = \frac{118475,64}{125187,5} * 100 = 94,64\%.$$

Потери шихты со шлаком и пылью составляют 5,36%.
 Расчёт расхода ферросплавов ведётся по формуле:

$$Q_{\text{ф.спл}} = \frac{m_0[\text{Э}(i) - \text{Э}'(i)] * 100\%}{A * B},$$

где m_0 – вместимость печи, т;
 $\text{Э}(i)$ – содержание легирующего элемента в готовом материале, %;
 $\text{Э}'(i)$ – содержание легирующего элемента в металле перед присадкой ферросплавов, %;
 А – содержание легирующего элемента в ферросплаве, %;
 Б – коэффициент усвоения легирующего элемента, %.

Расход ферросиликомарганца марки МнС17 составляет:

$$Q_{\text{МнС17}} = \frac{120000 * (0,80 - 0,14) * 100}{75 * 90} \approx 1200 \text{ кг.}$$

Расход ферросилиция марки ФС65 составляет (учитывая, что 1200 кг ферросиликомарганца марки МнС17 внесёт 0,13% Si):

$$Q_{\text{ФС65}} = \frac{120000 * (0,25 - 0,13) * 100}{65 * 85} = 260 \text{ кг.}$$

Количество элемента, кг, внесённого ферросплавом, рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{Э}} = Q_{\text{ф.спл}} \frac{\text{Э}_{\text{ф.спл}}}{100} * \frac{K_{\text{усв(Э)}}}{100},$$

где $Q_{\text{ф.спл}}$ – количество ферросплава, кг;

$\text{Э}_{\text{ф.спл}}$ – содержание элемента в ферросплаве, %;

$K_{\text{усв(Э)}}$ – коэффициент усвоения элемента, %.

Например, количество кремния, вносимого ФС65, определяем:

$$Q_{\text{Si(ФС65)}} = 260 * \frac{65}{100} * \frac{85}{100} = 143,65 \text{ кг.}$$

Дальнейшие расчёты проводятся аналогично. Результаты расчёта представлены в таблице 2.13.

Таблица 2.13 – Расчётный химический состав металла после внепечной обработки

Материал	Количество, кг	C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Cu	Fe
Жид.металл	118475,64	465,85	0,00	167,40	290,36	180,00	18,76	12,83	180,00	117160,44
ФС65	260,00	0,234	143,65	0,936	0,00	0,00	0,052	0,13	0,00	69,89
МнС17	1200,00	75,60	153,00	810,00	0,00	0,00	0,36	0,42	0,00	23,04
Итого	119935,6	541,68	296,65	978,34	290,36	180,00	19,17	13,38	180,00	117253,37
Итого, %	100	0,45	0,25	0,82	0,24	0,15	0,016	0,011	0,15	97,76

Расчётный химический состав металла после внепечной обработки представлен в таблице 2.14.

Таблица 2.14 – Расчётный химический состав металла

Состав стали	C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Cu	Fe
Конечный	0,45	0,25	0,82	0,24	0,15	0,016	0,011	0,15	97,76
Марочный	0,48- 0,56	0,17- 0,37	0,7- 1,0	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,035	≤ 0,035	≤ 0,3	Ост.

Как видно из таблицы 2.14, содержание углерода ниже заданного. Для доведения металла до требуемого состава по углероду используется углеродистый порошок марки УСМ-1 [23].

Расход порошка:

$$M_C = \frac{120000 \cdot (0,5 - 0,45) \cdot 100}{99,8 \cdot (100 - 40)} = 100 \text{ кг.}$$

При угаре 40% вносится в металл углерода:

$$100 \cdot 0,6 = 60 \text{ кг.}$$

Содержание углерода в стали после присадки науглероживателя:

$$[C] = \frac{(541,68 + 60)}{119935,6} \cdot 100\% = 0,50\%.$$

Расчёт состава пылегазовых выбросов
Период плавления

Расчёт количества шлака и газа. Количество окисляющихся элементов, а также количественный состав металла по окончании периода плавления приведён в таблице 2.15.

Таблица 2.15 – Расчётный состав металла на конец периода плавления

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Cu	Fe	Σ
В шихте, кг									
1375,0 0	387,50	620,00	362,50	187,50	28,00	19,0 0	187,5 0	122004,0 0	125187,5 0
Окислилось, %									
23	50	10	10	0	0	53	0	1	-
Окислилось, кг									
316,25	193,75	62,00	36,25	0,00	0,00	10,0 7	0,00	1220,04	1838,36
Осталось, кг									
1058,7 5	193,75	558,00	326,25	187,50	28,00	8,93	187,5 0	120783,9 6	123349,1 4
Осталось, %									
0,86	0,16	0,45	0,26	0,15	0,023	0,00 7	0,15	97,92	100,00

Окислившийся углерод переходит в газовую фазу в виде CO (80%) и CO₂ (20%). Остальные компоненты переходят в шлак (85%) и пылевые выбросы (15%). В таблице 2.16 приведено расчётное количество окислившихся элементов и количество образующихся продуктов реакции (шлак, газ, пыль). Расход электродов принят равным 3 кг/т.

На окисление углерода, в том числе электродов и других примесей металлошихты, потребуется 1661,24 кг кислорода. На окисление компонентов шихты расходуется 1141,24 кг кислорода. Для интенсификации окисления углерода и примесей осуществляется продувка ванны технологическим кислородом с содержанием O₂.

Расчёт количества подсосанного воздуха.

Размеры рабочего окна:

- ширина – 1450 мм;
- высота – 1045 мм;
- площадь – 1,52 м²;
- высота до пят свода – 2070 мм.

Для расчёта количества подсосанного воздуха в период плавления необходимо знать среднее значение разрежения P , Па, в середине открытого рабочего окна:

$$p = \left[p_{\text{свод}} - 9,81 * \left(\frac{H_{\text{ст}}}{1000} - \frac{1}{2} * \frac{h}{1000} * \frac{k}{100} \right) \left(\frac{\rho_{\text{в}} * 273}{t_{\text{в}} + 273} - \frac{\rho_{\text{в}} * 273}{t_{\text{г1}} + 273} \right) \right],$$

где $p_{\text{свод}}$ – давление под сводом, Па;

$H_{\text{ст}}$ – высота до пят свода, соответствующая вместимости печи, мм;

h – высота рабочего окна, соответствующая вместимости печи, мм;

$\rho_{\text{в}} = 1,29$ – плотность воздуха при нормальных условиях, кг/м³;

$k=30$ – степень открытия рабочего окна в период плавления, %;
 $t_b = 20$ – температура окружающего воздуха, °С;
 $t_{r1} = 1540$ – температура в рабочем пространстве печи в период плавления,
 °С.

$$p = \left[5 - 9,81 * \left(\frac{2070}{1000} - \frac{1}{2} * \frac{1045}{1000} * \frac{30}{100} \right) \left(\frac{1,29*273}{20+273} - \frac{1,29*273}{1540+273} \right) \right] = 13,91 \text{ Па.}$$

Объём воздуха, всасываемого в рабочее пространство печи в период окисления:

$$V_{\text{в(плав)}} = 60 * n * S * k * 0,01 * \frac{273}{t_b+273} \sqrt{\frac{2p}{\frac{\rho_{\text{в}}*273}{t_b+273}}}$$

где $V_{\text{в}}$ – количество воздуха, подсосанного в рабочее пространство печи в период плавления, м³/мин;

$n = 0,8$ – коэффициент расхода газа для толстых стенок;

S – площадь рабочего окна, соответствующая вместимости печи, м²;

p – среднее значение разрежения в середине открытого рабочего окна, Па.

$$V_{\text{в(плав)}} = 60 * 0,8 * \frac{1450*1045}{1000*1000} * 30 * 0,01 * \frac{273}{20+273} \sqrt{\frac{2*13,91}{\frac{1,29*273}{20+273}}} = 78,25 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

Продолжительность периода плавления составляет 50 мин.

Объём воздуха, подсасываемого в рабочее пространство печи в период плавления:

$$V_{\text{в}} = V_{\text{в(плав)}} * \tau,$$

где τ – продолжительность периода плавления.

$$V_{\text{в}} = 78,25 * 50 = 3912,35 \text{ м}^3.$$

Объём кислорода в воздухе:

$$V_{O_2} = 3912,35 * 0,21 = 821,59 \text{ м}^3.$$

Масса кислорода:

$$M_{O_2} = 821,59 * \frac{32}{22,4} = 1173,71 \text{ кг.}$$

Объём азота в воздухе:

$$V_{N_2} = 3912,35 * 0,78 = 3051,64 \text{ м}^3.$$

Таблица 2.16 – Расчёт количества шлака и газа в период плавления

Компонент	Окислится, кг	Требуется кислорода, кг	Образуется, кг		
			шлака	газа	пыли
$C + \frac{1}{2}O_2 = CO$	$0,8 * 316,25 = 253$	$\frac{253*16}{12} = 337,33$	0	$\frac{253*28}{12} = 590,33$	0
$C + O_2 = CO_2$	$0,2 * 316,25 = 63,25$	$\frac{63,25*32}{12} = 168,67$	0	$\frac{63,25*44}{12} = 231,92$	0
$Si + O_2 = SiO_2$	193,75	$\frac{193,75*32}{28} = 221,43$	$\frac{193,75*60}{28} * 0,85 = 352,9$	0	$\frac{193,75*60}{28} * 0,15 = 62,28$
$Mn + \frac{1}{2}O_2 = MnO$	62,00	$\frac{62*16}{55} = 18,04$	$\frac{62*71}{55} * 0,85 = 68,03$	0	$\frac{62*71}{55} * 0,15 = 12$
$2P + \frac{5}{2}O_2 = P_2O_5$	10,07	$\frac{10,07*80}{62} = 12,99$	$\frac{10,07*142}{62} = 23,06$	0	0
$2Cr + \frac{3}{2}O_2 = Cr_2O_3$	36,25	$\frac{36,25*48}{104} = 16,73$	$\frac{36,25*152}{104} * 0,85 = 45,03$	0	$\frac{36,25*152}{104} * 0,15 = 7,95$
$Fe + \frac{1}{2}O_2 = FeO$	$0,8 * 1220,04 = 976,032$	$\frac{976,032*15}{56} = 261,44$	$\frac{976,032*72}{56} = 1254,9$	0	0
$2Fe + \frac{3}{2}O_2 = Fe_2O_3$	$0,2 * 1220,04 = 244,08$	$\frac{244,08*48}{112} = 104,61$	$\frac{244,08*160}{112} * 0,85 = 296,38$	0	$\frac{244,08*160}{112} * 0,15 = 52,3$
Из электродов					
CO	$0,7 * 300 = 210$	$\frac{210*16}{12} = 280$	0	$\frac{210*28}{12} = 490$	0
CO_2	$0,3 * 300 = 90$	$\frac{90*32}{12} = 240$	0	$\frac{90*44}{12} = 330$	0
Итого	1863,875	1661,24 (из них на прохождение реакций 1141,24 кг)	2010,3	1642,25	134,53

Масса азота:

$$M_{N_2} = 3051,64 * \frac{28}{22,4} = 3814,54 \text{ кг.}$$

Количество азота, подаваемого в уплотнители электродных отверстий:

$$V_{N_2(\text{ЭО})} = V(N_2) * m_0 * \tau,$$

где $V(N_2) = 0,2$ – удельный расход азота, подаваемого в уплотнители электродных отверстий, $\text{м}^3/(\text{мин} * \text{т})$;

$m_0 = 100$ – вместимость печи, т;

$\tau = 50$ – продолжительность периода плавления, мин.

$$V_{N_2(\text{ЭО})} = 0,2 * 120 * 50 = 1200 \text{ м}^3 \text{ или } M_{N_2} = 1200 * \frac{28}{22,4} = 1500 \text{ кг.}$$

Суммарное количество азота в период плавления:

$$M_{\Sigma N_2} = 3814,54 + 1500 = 5314,54 \text{ кг.}$$

Принимаем, что углерод электродов окисляется кислородом воздуха.

Масса кислорода:

$$M_{O_2} = 1173,71 - 280 - 240 = 653,71 \text{ кг.}$$

С технологическим кислородом вносится азот в количестве (см. таблицу 2.16):

$$0,005 * 1141,24 = 5,706 \text{ кг.}$$

30% CO, образующегося в результате окисления углерода шихты, в рабочем пространстве печи окисляется до CO₂ кислородом воздуха. Для этого потребуется кислорода $337,33 * 0,3 = 101,199$ кг, при этом образуется диоксида углерода $253 * 0,3 * 44/12 = 278,3$ кг (таблица 2.17).

В таблице 2.17 приводится состав и количество образующихся газов.

Таблица 2.17 – Состав и количество образующихся газов

Компонент	Масса, кг	Содержание, %
CO	$590,33 + 490 - 337,33 * 0,3 * (16+12) / 12 = 844,199$	9,16
CO ₂	$231,92 + 330 + 278,3 = 840,22$	9,11
O ₂	$1141,24 + 1173,71 - 101,199 = 2213,75$	24,01
N ₂	$3814,54 + 1500 + 5,706 = 5320,246$	57,72
Итого	9218,415	100

Состав пыли. В таблице 2.18 приведены состав и количество образующейся пыли.

Таблица 2.18 – Количество и состав пыли в период плавления

Компонент	Масса, кг	Содержание, %
SiO ₂	62,28	46,29
MnO	12,00	8,92
Cr ₂ O ₃	7,95	5,91
Fe ₂ O ₃	52,30	38,88
Итого	134,53	100

Состав шлака. Для расчёта количества и состава шлака по окончании периода плавления принимаются следующие составы шлакообразующих материалов (таблица 2.19).

Таблица 2.19 – Состав шлакообразующих материалов, %

Компонент	FeO	MnO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Σ
Известь	0,03	0	1,5	0	92	6	0,08	100
Зола электродов	0	0	56,6	31,7	11,8	0	0	100

При расчёте количества и состава шлака (таблица 2.20) принимается:

- содержание золы в электродах – 0,001%;
- расход электродов – 3 кг/т.

Количество золы, внесённой с электродами: $3 \cdot 120 \cdot 0,001 = 0,36$ кг.

Таблица 2.20- Количество и состав шлака в период плавления

Источник поступления, кг	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	Σ
Металл	1254,9	296,38	68,03	352,9	-	-	-	23,06	45,03	2040,3
Известь	1,56	7,89	0	78,125	0	4791,67	312,5	4,17	0	5195,91
Зола электродов	0	0	0	0,17	0,09	0,04	0	0	0	0,36
Итого, кг	1256,46	304,27	68,03	431,19	0,09	4791,70	312,50	27,23	45,03	7236,57
Итого, %	17,36	4,21	0,94	5,96	0,001	66,22	4,32	0,38	0,62	100

Период окисления

В таблице 2.21 приведено количество окислившихся примесей за период окисления.

Принимаем, что 70 % Fe переходит в шлак (80% в виде FeO и 20% в виде Fe₂O₃) и 30% теряется вместе с газами в виде Fe₂O₃ (таблица 2.22).

Таблица 2.21 – Расчётный состав металла на конец периода окисления

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Cu	Fe	Σ
В шихте, кг									
1058,75	193,75	558,00	326,25	187,50	28,00	8,93	187,50	120783,96	123349,14
Окислилось, %									
56	100	70	11	4	33	25	4	3	-
Окислилось, кг									
592,9	193,75	390,60	35,89	7,50	9,24	2,23	7,50	3623,52	4878,19
Осталось, кг									
465,85	0,00	167,40	290,36	180,00	18,76	6,70	180,00	117765,07	118979,71
Осталось, %									
0,39	0,00	0,14	0,24	0,15	0,016	0,006	0,15	98,98	100

Таблица 2.22 – Расчёт оксидов железа, %, переходящих в шлак и газовую фазу

Реакция	Fe	O ₂	FeO	Fe ₂ O ₃
Шлак: $Fe + \frac{1}{2}O_2 = FeO$	$3623,52 * 0,7 * 0,8 = 2029,17$	$\frac{2029,17 * 16}{12} = 2705,56$	$\frac{2029,17 * (56 + 16)}{56} = 2608,93$	-
$2Fe + \frac{3}{2}O_2 = Fe_2O_3$	$3623,52 * 0,7 * 0,2 = 507,29$	$\frac{507,29 * 16}{12} = 676,39$	-	$\frac{507,29 * 160}{112} = 724,7$
Газ: $2Fe + \frac{3}{2}O_2 = Fe_2O_3$	$3623,52 * 0,3 = 1087,06$	$\frac{1087,06 * 16}{12} = 1449,41$	-	$\frac{1087,06 * 160}{112} = 1552,94$

В таблице 2.23 приведено количество кислорода, требующегося для окисления примесей, окислившихся элементов и образующихся продуктов реакции (газ, шлак, пыль).

Принимаем расход электродов на плавку – 7,5 кг/т (40% окислится в период расплавления (3 кг/т), по 30% в период окисления и в агрегате ковш-печь (2,25кг/т)).

Расход углерода на вспенивание шлака составляет 6 кг/т.

Расчёт подсосанного воздуха. Расчёт подсосанного воздуха для периода окисления производится так же, как и для периода плавления:

$$p = \left| 5 - 9,81 * \left(\frac{2070}{1000} - \frac{1}{2} * \frac{1045}{1000} * 1 \right) * (1,29 - 0,3) \right| = 10,03 \text{ Па};$$

$$V_{\text{в(плав)}} = 60 * 0,8 * \frac{1450 * 1045}{1000 * 1000} * 1 * \frac{273}{20 + 273} * \sqrt{\frac{2 * 10,03}{1,29}} = 267,23 \text{ м}^3/\text{мин},$$

где 1 – степень раскрытия рабочего окна (100%).

					22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 2.23 – Количество шлака, газа и пыли окислительного периода окисления

Компонент	Окислится, кг	Требуется кислорода, кг	Образуется, кг		
			шлака	газа	пыли
$C + \frac{1}{2}O_2 = CO$	$0,8 * 592,6 = 474,08$	$\frac{474,08 * 16}{12} = 632,11$	0	$\frac{474,08 * 28}{12} = 1106,19.$	0
$C + O_2 = CO_2$	$0,2 * 592,6 = 118,52$	$\frac{118,52 * 32}{12} = 316,05$	0	$\frac{118,52 * 44}{12} = 434,57.$	0
$Si + O_2 = SiO_2$	193,75	$\frac{193,75 * 32}{28} = 221,43$	$\frac{193,75 * 60}{28} * 0,85 = 352,9.$	0	$\frac{193,75 * 60}{28} * 0,15 = 62,28$
$Mn + \frac{1}{2}O_2 = MnO$	390,6	$\frac{390,6 * 16}{55} = 113,63$	$\frac{390,6 * 71}{55} * 0,85 = 428,59.$	0	$\frac{390,6 * 71}{55} * 0,15 = 75,63$
$2P + \frac{5}{2}O_2 = P_2O_5$	2,23	$\frac{2,23 * 80}{62} = 2,88$	$\frac{2,23 * 142}{62} = 5,1$	0	5,1
$2Cr + \frac{3}{2}O_2 = Cr_2O_3$	35,89	$\frac{35,89 * 48}{104} = 16,56$	$\frac{35,89 * 152}{104} * 0,85 = 44,59.$	0	$\frac{35,89 * 152}{104} * 0,15 = 7,89$
$Fe + \frac{1}{2}O_2 = FeO$	2029,17	$\frac{2029,17 * 16}{56} = 579,76$	$\frac{2029,17 * 72}{56} = 2608,93$	0	0
$2Fe + \frac{3}{2}O_2 = Fe_2O_3$	$507,29 + 1087,06 = 1594,35$	$\frac{1594,35 * 48}{112} = 683,29.$	$\frac{1594,35 * 160}{112} * 0,85 = 1935,99.$	0	$\frac{1594,35 * 160}{112} * 0,15 = 341,65.$
$Ni + \frac{1}{2}O_2 = NiO$	7,50	$\frac{7,50 * 16}{58} = 2,07$	0	0	$\frac{7,50 * 74}{58} = 9,57$
Из электродов					
CO	$0,7 * 270 = 189$	$\frac{189 * 16}{12} = 252$	0	$\frac{189 * 28}{12} = 441$	0
CO_2	$0,3 * 270 = 81$	$\frac{81 * 16}{32} = 40,5$	0	$\frac{81 * 44}{12} = 297$	0
На вспененный шлак					
CO	720	$\frac{720 * 16}{12} = 960$	0	$\frac{720 * 28}{12} = 1680$	0
Итого	5836,09	3820,28	5376,1	3958,76	502,12

За период окисления:

$$V_B = 267,23 * 20 = 5344,66 \text{ м}^3.$$

Объём кислорода в воздухе:

$$V_{O_2} = 5344,66 * 0,21 = 1122,4 \text{ м}^3.$$

Масса кислорода:

$$M_{O_2(\text{возд})} = 1122,4 * \frac{32}{22,4} = 1603,3 \text{ кг.}$$

Объём азота в воздухе:

$$V_{N_2} = 5344,66 * 0,78 = 4168,9 \text{ м}^3.$$

Масса азота:

$$M_{N_2(\text{возд})} = 4168,9 * \frac{28}{22,4} = 5211,06 \text{ кг.}$$

На окисление углерода и других примесей металлошихты, а также углерода, поступающего из электродов и вдуваемого для вспенивания шлака требуется 3820,28 кг O_2 (см. таблицу 2.23). Для этого осуществляется продувка ванны технологическим кислородом с содержанием кислорода 99,5% в количестве 1,25 $\text{м}^3/(\text{т} \cdot \text{мин})$, или 25 $\text{м}^3/\text{т}$ за весь период окисления. С технологическим кислородом в печь поступает кислорода и азота соответственно:

$$V_{O_2(\text{прод})} = 25 * 123,3 * 0,995 = 3067,09 \text{ м}^3;$$

$$M_{O_2(\text{прод})} = 3067,09 * \frac{32}{22,4} = 4381,55 \text{ кг.}$$

$$V_{N_2(\text{прод})} = 25 * 123,3 * 0,005 = 15,41 \text{ м}^3;$$

$$M_{N_2(\text{прод})} = 15,41 * \frac{28}{22,4} = 19,27 \text{ кг.}$$

В уплотнители электродных отверстий подаётся азот в количестве:

$$V_{N_2(\text{ЭО})} = 0,2 * 120 * 20 = 480 \text{ м}^3;$$

$$M_{N_2(\text{ЭО})} = 480 * \frac{28}{22,4} = 600 \text{ кг.}$$

					22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Всего в печь поступает:

- кислорода - $M_{O_2} = M_{O_2(\text{возд})} + M_{O_2(\text{прод})} = 1603,3 + 4381,55 = 5984,85$ кг;
 - азота - $M_{N_2} = M_{N_2(\text{возд})} + M_{N_2(\text{прод})} + M_{N_2(\text{ЭО})} = 5211,06 + 19,27 + 600 = 5830,87$ кг.

Принимается, что 30% СО дожигается в рабочем пространстве печи кислородом воздуха до CO_2 . Согласно результатам расчёта:

$$\Sigma_{CO} = 1106,19 + 441 + 1680 = 3227,19 \text{ кг};$$

$$\Sigma_{CO_2} = 434,57 + 297 = 731,57 \text{ кг}.$$

Для дожигания СО и CO_2 потребуется кислорода в количестве $(632,11+252+960)*0,3=553,233$ кг, при этом образуется CO_2 в количестве $(316,5+40,5+720)*0,3*44/12=1184,7$ кг, а количество СО уменьшается на $(316,5+40,5+720)*0,3*(16+12)/12=753,9$ кг.

Всего для окисления всех элементов и дожигания СО и CO_2 потребуется кислорода в количестве: $\Sigma_{O_2} = 3820,28 + 553,233 = 4373,51$ кг, а оставшийся кислород в количестве $(5984,85-4373,51=1611,34$ кг) уйдёт с отходящими газами.

В таблице 2.24 приводится состав и количество образующихся газов.

Таблица 2.24 – Количество и состав образующихся газов

Компонент	Масса, кг	Содержание, %
СО	3227,19-753,9=2473,89	20,91
CO ₂	731,57+1184,7=1916,27	16,20
O ₂	1611,34	13,62
N ₂	5830,87	49,28
Итого	11832,37	100,00

В таблице 2.25 приводится состав и количество образующейся пыли.

Таблица 2.25 – Количество и состав образующейся пыли

Компонент	Масса, кг	Содержание, %
SiO ₂	62,28	12,40
MnO	75,63	15,06
P ₂ O ₅	5,10	1,02
Fe ₂ O ₃	341,65	68,04
Cr ₂ O ₃	7,89	1,57
NiO	9,57	1,92
Итого	502,12	100

Для расчёта количества и состава шлака по окончании периода окисления принимаются составы шлакообразующих материалов.

При расчёте количества и состава шлака принимаются следующие условия:

- шлак в период плавления сливается на 50%;
- основность шлака должна быть от 2,5 до 3,5, для расчётов принимается 3;
- содержание золы электродов составляет 0,225 кг (расход электродов в период окисления 270 кг, содержание золы в электродах – 0,001 кг);
- расход футеровки составляет – 0,3 кг/т.

Футеровка представляет собой магнезитовый кирпич обычной плотности с содержанием компонентов, %: 2,96 SiO₂; 0,64 Al₂O₃; 1,98 Fe₂O₃; 3,02 CaO; 91,4 MgO.

Поскольку 50% шлака в период плавления сливается, его количество составит $7236,57/2=3618,29$, в том числе содержание $\Sigma SiO_2 = SiO_2_{шл} + SiO_2_{мет} = 352,9+431,19/2 = 568,5$ кг.

Из основности шлака определяется его количество: $\frac{CaO}{SiO_2} = 3$, откуда $CaO = 3*568,5 - n = 1705,5 - n$, где n – количество CaO в шлаке, кг.

Следовательно, нужно добавить CaO в количестве $CaO = 1705,5 - 4791,7/2 = -690,35$ кг. Известь не добавляем.

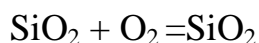
В таблице 2.26 приводится количество и состав шлака в период окисления.

Таблица 2.26 – Количество и состав шлака в период окисления

Источник поступления, кг	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	S	Σ
Металл	2608,93	724,7	428,5 9	352,9	0	0	0	5,1	44,59	-	4164,81
Шлак периода плавления, кг	628,231	152,13 5	34,01 5	215,59 7	0,048	2395,851	156,25 0	13,61 3	22,51 5	13,07 0	3631,32 6
Зола электродов	0	0	0	0,382	0,214	0,080	0	0	0	-	0,068
Футеровка	0	0,59	0	0,89	0,19	0,91	27,42	0	0	-	30
Итого	3237,161	877,42 5	462,6 05	569,76 9	0,452	2396,841	183,67	18,71 3	67,10 5	13,07 0	7826,81 1
Итого,%	41,36	11,21	5,91	7,28	0,006	30,62	2,35	0,24	0,86	0,17	100

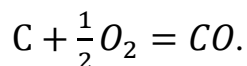
Расчёт пылегазовых выбросов на участке АКП

В АКП не усваивается лишь кремний (0,15%). Остаётся кремния в количестве (см.таблицу13) $0,0015*193,75=0,29$ кг, окисляясь по реакции:



Кремний переходит в оксид кремния в количестве $0,29 \cdot 60 / 28 = 0,62$ кг, 15% которого попадает в пыль – $0,15 \cdot 0,62 = 0,09$ кг на 120 т металла, а остальная часть переходит в шлак.

В печи-ковше во время работы дуг происходит окисление углерода электродов в количестве 2,25 кг/т. В пересчёте на 120 т металла окисляется 270 кг углерода в атмосфере печи по реакции:



В результате этой реакции образуется CO в количестве $270 \cdot 28 / 12 = 630$ кг, 25% которого дожигается до CO₂, т.е. образуется $630 \cdot 0,25 = 157,5$ кг CO₂ и $630 - 157,5 = 472,5$ кг CO.

Так как в АКOC идёт продувка аргоном с расходом 0,27 м³/т (0,48кг/т) стали, то в состав пылегазовых выбросов входят следующие компоненты: SiO₂ - 0,0035 кг на 1 т стали; CO₂ - 0,131 кг/т; CO – 0,394 кг/т; Ar – 0,48 кг/т, или в расчёте на 120 т выплавляемой стали SiO₂ – 0,38 кг; CO₂ – 15,72 кг; CO – 47,28 кг, Ar – 57,6 кг/т.

Материальный баланс плавки

Материальный баланс приведён в таблице 2.27.

Таблица 2.27 – Материальный баланс плавки

Внесено, кг		Получено, кг	
Лом	75000	Металл	117160,44
Скрап	50000	Шлак	7826,811
Известь	5195,91	Газ, пыль	21798,815
Футеровка	36	В том числе	
Электроды	360	CO	3365,369
Кислород	5984,85	CO ₂	2772,21
Воздух	5802,65	O ₂	3825,09
Углерод	720	N ₂	11151,116
Азот	1750	Аргон	48
Аргон	48	Пыль	637,03
MnС17	1200	Итого	146786,066
ФС65	260		
УСМ-1	100		
Итого	=146457,41		
Невязка		$\frac{146786,066 - 146457,41}{146457,41} * 100 = 0,22\%$	

Выводы по разделу 2:

1. Полученная невязка (0,22%) меньше 1, а значит расчёт выполнен с допустимыми погрешностями вычислений.

2. В ходе проделанных вычислений получаем, что удельные выбросы пыли из печи составляют $637,03/117,16=5,44$ кг на 1 т стали, CO – 28,72 кг/т, CO₂ – 23,66 кг/т. Содержание CO в газовых выбросах составит:

$$3365,369/(3365,369+2772,21+3825,09+11151,116)*100=15,94\%.$$

Поскольку в газовых выбросах допускается содержание не более 1% CO, то излишек его необходимо окислить до CO₂ в камере дожигания. Для снижения выбросов пыли в атмосферу их улавливают в рукавных или электрических фильтрах и утилизируют. Запылённость выбрасываемых в атмосферу газов не должна превышать 100 мг/м³.

3. В ходе расчётной части получен химический состав марки 50Г полностью соответствующий требованиям ГОСТ 4543-71.

									Лист
									51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР				

3 ВОЗМОЖНЫЕ ДЕФЕКТЫ КОНЕЧНОГО ПРОДУКТА ПРОИЗВОДСТВА

3.1 Общие сведения о дефектах конечного продукта производства

По расположению дефекты литого металла (слитков, непрерывнолитых заготовок) и проката (блюмов, квадратной и круглой заготовки, листа, гильз, труб) делят на две основные группы: дефекты наружной поверхности и дефекты центральной (осевой) зоны слитка (НЛЗ), сортового проката и внутренней поверхности гильз, труб. Основные группы делят по природным (генетическим и морфологическим) признакам на подгруппы: пороки наружной поверхности металлопродукции, металлургического (сталеплавильного, прокатного) и трубного переделов. К порокам трубного передела относятся дефекты трубопрокатного происхождения, формы, отделки, термообработки, дефекты труб с высаженными концами и приварными замками [24, стр.45].

Дефекты сталеплавильного происхождения являются следствием нарушения или несовершенства технологии при производстве слитков (НЛЗ) при выплавке и разливе, а также при их дальнейшей переработке в блюм, катаную заготовку, гильзу, трубу.

Дефекты прокатного происхождения являются следствием нарушения или несовершенства технологии прокатки, настройки станов нагрева металла перед прокаткой при производстве блюмов, катаной заготовки, а также при их дальнейшей переработки в трубы.

Дефекты трубного передела являются следствием нарушения или несовершенства технологии нагрева заготовки перед прокаткой в трубы и состояния инструмента, настройки станов, оборудования для отделки, термообработки [25, стр.11].

3.2 Виды дефектов сталеплавильного происхождения

К дефектам металлургического передела относятся те, которые образуются при разливке и затвердевании стали (сталеплавильного происхождения), а также те, которые образуются при деформации слитков (НЛЗ) по причинам прокатного производства [25, стр.32].

Дефекты сталеплавильного происхождения:

- на поверхности НЛЗ;
- макроструктуры НЛЗ.

3.2 1 Дефекты сталеплавильного происхождения на поверхности НЛЗ

К дефектам металлургического передела относятся те, которые образуются при разливке и затвердевании стали (сталеплавильного происхождения), а также те, которые образуются при деформации слитков (НЛЗ) по причинам прокатного производства [25, стр.32].

Дефекты сталеплавильного происхождения:

									Лист
									52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

- на поверхности НЛЗ;
- макроструктуры НЛЗ.

3.2 1 Дефекты сталеплавильного происхождения на поверхности НЛЗ

1. Газовые пузыри

Газовые пузыри представляют отверстия круглой или овальной формы на поверхности слитков (НЛЗ), направленные вглубь в виде капсул. Диаметр отверстий может достигать 2-3 мм, глубина может быть от 1 до 10-12 мм и более. Дефект имеет групповой характер, может быть расположен по всей высоте или на части. На поверхность, как правило, выходят не все пузыри. Часть из них остаётся в подкорковом слое [25,стр.36].

2. Горячая трещина

Трещины в слитках (НЛЗ) слегка извилисты. Продольные трещины менее раскрыты, чем поперечные, и могут располагаться по всей высоте слитка. Поперечные трещины могут располагаться как на одной грани, так и по всему периметру изделий. Глубина расположения горячих трещин неравномерна по длине и может быть от 20-30 мм до 70-100 мм [25, стр.42].

3. Инородные неметаллические включения

Инородным (экзогенным) неметаллическим включением может быть частица: огнеупорного материала (продуктов взаимодействия сифонного припаса и жидкой стали), шлака, теплоизолирующего шлака, утеплительной смеси, попадающих в металл при разливке. Инородные неметаллические включения могут быть различной величины и формы, они расположены в металле произвольно, чаще всего скоплениями. Если имеются видимые макрочастицы инородных неметаллических скоплений на поверхности слитка (НЛЗ), то, как правило, имеются скопления или единичные частицы и под поверхностью. Нередко утеплительные смеси образуют прослойки в донной части слитков, а также являются содержимым больших раковин на поверхности. На поверхности и под поверхностью слитков (НЛЗ) единичные инородные (экзогенные) включения и их скопления располагаются произвольно и по периметру и по высоте (или длине НЛЗ). Глубина залегания включений может быть от десятых долей миллиметра до нескольких десятков миллиметров. Цвет включений в зависимости от происхождения и химического состава может быть серо-жёлтым, серо-зелёным, бурым [25, стр.48].

4. Заворот корки

Заворот корки представляет поперечное подворачивание окисленной корки металла в тело слитка по всему периметру или его части. Как правило, эти дефекты имеют групповое расположение поперёк слитка или его части параллельно друг другу. В месте расположения заворота корки (в местах подворачивания) нет щелей, разрывов, извилистых и других зигзагообразных

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР					53

трещин, так как подвернувшаяся часть корки плотно прилегает к верхнему слою слитка. Этот дефект наблюдается при всех способах разливки, но более характерен для слитков, полученных сифонной разливкой металла с низкой температурой и скоростью. Оксидная корочка образуется на поверхности слитка. Она состоит из продуктов раскисления — сложных оксидов — силикатов железа и марганца, мелких частичек огнеупорных материалов, теплоизоляционного шлака, утеплительной смеси, оксидов элементов, содержащихся в стали, и затвердевшего металла. С понижением скорости разливки и температуры металла увеличивается его вязкость и создаются условия для горизонтального подворачивания в тело слитка подставшей окисленной корки [25, стр.56].

5. Пояс

Пояс представляет поперечное нарушение сплошности слитка (НЛЗ) в виде складки со скруглёнными краями, перпендикулярной к поверхности, расположенной по его периметру. Глубина дефекта переменная и может быть от нескольких десятков миллиметров до нескольких сотен, в отдельных случаях доходит до центра изделия. Внутри отливки поверхность пояса сильно окислена, сопровождается включениями теплоизоляционных материалов, шлаков, окислами железа (окалиной), подкорковыми газовыми пузырями, напоминая заворот корки. На одном слитке (НЛЗ) может быть несколько поясов, но чаще всего — один-два [25, стр.60].

3.2.2 Дефекты сталеплавильного происхождения макроструктуры НЛЗ (внутренние дефекты)

1. Флокены

Повышенная насыщенность металла слитка (НЛЗ) водородом приводит к флокенообразованию в прокате. Она является следствием нарушения технологии производства металла, использования для шихтовки некачественных материалов. Повышенное содержание водорода недопустимо в стали, особенно в флокеночувствительных марках, склонных к трещинообразованию [26].

2. Осева ликвация

Осева ликвация – обогащение или обеднение осевой зоны НЛЗ примесями и неметаллическими включениями. Дефект имеет вид точек, локальных пятен, проявляющихся в центральной зоне заготовки.

Ввиду того, что примеси и неметаллические включения имеют более низкую температуру затвердевания, то в процессе разливки стали они вытесняют в центр слитка и затвердевают в последнюю очередь.

2. Продольная химическая неоднородность

Дефект слитка в виде неравномерного (либо повышенной концентрации) распределения химических элементов в стали по длине слитка (особенно углерода, кремния, марганца, серы, фосфора). Возможно периодическое

									Лист
									54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР				

чередование областей положительной и отрицательной осевой ликвации вдоль оси слитка. Наблюдается увеличение содержания примесей в форме включений концевой части слитка и, главным образом, в переходных зонах при литье «плавка на плавку». Дефект выявляется на макрошлифах и на серых отпечатках в виде областей с повышенной травимостью [27, стр.29].

3.3 Дефект сталеплавильного производства: заливины

Заливины (двойная корка) – дефект в виде направленного участка поверхности слитка на ранее сформированную оболочку, может иметь вид неровности поверхности. Встречается подкорковое расположение дефекта. Дефект выявляется на макрошлифах в виде светлых участков, иногда серповидной формы, сопровождающихся скоплениями загрязнений [27, стр.29].

Заливины образуются в результате попадания жидкого металла в зазор между коркой слитка и стенкой гильзы кристаллизатора, образующийся вследствие усадки затвердевшей корки.

Заливины также могут образовываться при разрыве корочки слитка в кристаллизаторе в результате повышенных сил трения (сцепления) между коркой слитка и стенками гильзы кристаллизатора. Фото дефекта представлено на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – Дефект «заливины»

Причины развития дефекта НЛЗ:

- избыточная конусность или деформация профиля гильзы кристаллизатора;
- нарушение режима качания кристаллизатора в процессе разливки стали;
- повышенное содержание свинца, олова, бора (при разливке открытой струей металла);
- резкие колебания уровня металла в кристаллизаторе;
- внезапные остановки вытягивания слитка;

- недостаточная и неравномерная подача жидкой смазки или шлакообразующей смеси в кристаллизатор;
- некачественная ШОС (образование неравномерного гарнисажа на поверхности слитка).

Дефект «заливины» на предприятии «Ашинский метзавод» встречается крайне редко.

Выводы по разделу 3:

1. Дефект – это нежелательное явление любого производства. Дефекты бывают сталеплавильного и прокатного производства. Из-за этого происходят частые споры по классификации дефектов тому или иному производству.

2. Также один и тот же дефект (например, плена) может относиться как к сталеплавильному, так и к прокатному производству.

3. В работе рассмотрены дефекты сталеплавильного происхождения, находящиеся на поверхности и внутри НЛЗ.

4. В данной работе акцентировано внимание на примере дефекта сталеплавильного производства – заливины. Выявлено, что на ПАО «АМЗ» данный дефект встречается крайне редко.

4 ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА

4.1 Зарубежные аналоги стали марки 50Г

Сталь марки 50 Г (заменители: 40Г, 50).

Зарубежные аналоги представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Зарубежные аналоги [28]

США	1050, 1053, G10500, G10530
Япония	STH67
Англия	080M50, C50E
Болгария	50G
Польша	50G

4.2 Зарубежные способы производства электростали

В последнее время появляются примеры, подтверждающие эффективность использования высокомоощных ДСП большой вместимости. На мини-заводе в Gebze (Турция) с января 2007 года работает дуговая печь с массой выпуска 320 т [29]. Она оборудована самым большим печным трансформатором в мире, используемым для производства электростали. Его мощность составляет 240 МВ*А с возможностью увеличения на 20%, или более 750 кВ*А/т. В период плавления максимальная активная мощность дуг достигает 205 МВт при напряжении 1600 В. Печь работает на ломе с использованием чугуна в чушках. Загрузка металлошихты производится двумя-тремя корзинами. Продолжительность плавки 60 мин, в том числе под током 45 мин. Расход электроэнергии 359 кВт*ч/т, кислорода – 35,7 м³/т. Диаметр электродов 750 мм, их расход – 1,08 кг/т. Ожидаемая годовая производительность 2,5 млн т, в перспективе – млн. т.

На новом мини-заводе в Iskenderum (Турция) установлена высокомоощная 300-тонная ДСП. Её ожидаемые показатели: масса выпуска 250т; мощность трансформатора – 300 МВ*А (1200 кВ*А/т; состав металлошихты: 80% лом, 20% чушковый чугун; загрузка двумя корзинами; продолжительность плавки 47 мин, в том числе, под током 36 мин; расход электроэнергии 340...390 кВт*ч/т, кислорода – 40...45 м³/т; диаметр электродов – 810 мм; производительность 320 т/ч, или 2,4 млн т в год [30].

Выводы по разделу 4:

1. Сталь марки 50Г имеет различные аналоги в других странах мира (США - 1050, 1053, G10500, G10530; Япония - STH67; Англия - 080M50, C50E; Болгария - 50G; Польша - 50G).

2. Современные технологии не стоят на месте. Система Consteel, некогда считавшаяся единственной в своём роде в России, нашла широкое применение за рубежом. В настоящее время в мире работает 39 таких печей.

3. Главное преимущество технологии Consteel - сокращение расхода электроэнергии за счёт предварительного нагрева лома.

					22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

5 МОДЕРНИЗАЦИЯ

Предлагаю произвести модернизацию участка непрерывной разливки стали (МНЛЗ), а именно: автоматическая подача шлакообразующей смеси в кристаллизатор взамен ручного способа.

В процессах непрерывной разливки обычной практикой является добавление порошка в форме измельчённого порошка или гранул. Шлакообразующие смеси играют важную роль в непрерывном литье, поскольку обеспечивают:

- защиту мениска от окисления;
- обеспечивают теплоизоляцию мениска, чтобы предотвратить затверждение поверхности металла;
- впитывают включения (такие как Al_2O_3 и TiO_2) в слой расплавленного шлака;
- смазку слитка и обеспечение равномерной передачи тепла между слитком и кристаллизатором.

Практика подачи порошка вручную приводит к неравномерной подаче шлакообразующей смеси в кристаллизатор, что приводит к неравномерной передаче тепла. Это увеличивает появление поверхностных и внутренних дефектов в затвердевшем слитке.

Новое поколение машины подачи шлакообразующей смеси PDM300 представляет собой мобильную систему подачи, которая обеспечит постоянное и автоматическое распределение смеси с обеих сторон погружного стакана для оптимального качества конечного продукта.

PDM300 – это автономная система подачи, предназначенная для установки на разливочную площадку. Её интегрированная дозирующая система подаёт шлакообразующую смесь с необходимым расходом. При максимальном количестве разгрузочных линий (четыре) машина подаёт смесь с максимальным расходом 7,2 кг/мин (1,8 кг/мин на линию). Минимальный расход составляет 0,05кг/мин (на одну линию).

Преимущества системы:

- 1) непрерывная подача гранулированного порошка в кристаллизатор;
- 2) точное управление расходом порошка;
- 3) учёт потребления смеси в режиме реального времени для каждой линии подачи;
- 4) опорожнение буферного бункера для быстрой смены порошка;
- 5) автоматическое обнаружение засорения и прочистка линии;
- 6) удалённый доступ для дистанционной технической поддержки;
- 7) архивирование настроек, данных и аварийных сигналов;
- 8) автоматическое регулирование толщины смеси (при помощи измерения уровня порошка)

PDM300 использует сжатый газ для передачи гранулированной шлакообразующей смеси из удалённо расположенного источника ШОС в вакуумную установку.

6 ОХРАНА ТРУДА

6.1 Общие требования охраны труда

В соответствии с приложением № 1 Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» металлургические предприятия относятся к опасным производственным объектам, так как на исследуемом объекте транспортируются, используются расплавы черных металлов и сплавы на основе этих расплавов с применением оборудования, рассчитанного на максимальное количество расплава 500 килограммов и более [32]. Поэтому для данного цеха рассмотрим основные требования к охране труда и промышленной безопасности (ОТ и ПБ) для опасного производственного объекта (ОПО).

Трудовой кодекс Российской Федерации регламентирует основные требования охраны труда. В соответствие с ним эксплуатирующая организация обязана создать службу охраны труда, ее численность, а так же структура определяется в зависимости от численности работников и степени опасности производства [33].

Руководитель и специалисты отвечают за невыполнение своих функциональных обязанностей, нарушение законодательных и иных нормативных актов по охране труда, препятствие деятельности представителей органов надзора и контроля.

Все работники персонально отвечают за нарушения ими правил и инструкций по охране труда, утвержденных руководителем эксплуатирующей организации.

6.1.1 Требования охраны труда к производственным процессам, материалам, технологическому оборудованию и рабочим местам

Уровни опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте должны не превышать допустимых значений, предусмотренных действующими санитарно-гигиеническими нормами.

Производственные помещения должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией, которая будет обеспечивать воздухообмен и не допускать превышения допустимого уровня концентрации вредных веществ в воздухе рабочей.

Производственные процессы, в процессе которых производятся или применяются токсичные, раздражающие слизистую человека, легковоспламеняющиеся и взрывоопасные вещества, должны выполняться в отдельных специально оборудованных помещениях, обеспеченных специальными средствами индивидуальной и коллективной защиты работающих.

Основное и вспомогательное оборудование должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а так же должно быть удобным для эксплуатации и ремонта.

Вновь устанавливаемое оборудование должно быть принято в эксплуатацию специальной комиссией эксплуатирующей организации, в составе которой

					22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

обязательно участие работника службы охраны труда и составлением акта ввода в эксплуатацию.

Оборудование должно содержаться и эксплуатироваться в безопасном, исправном состоянии, для этого необходимо проводить осмотры, проверки и ремонты в сроки утвержденные графиками.

Подключение оборудования к электросети и его пуск должны проводиться только после установки защитных и предохранительных устройств. После проведения ремонта оборудование испытывают в различных режимах работы, результаты испытаний оформляются актом и подписываются службой, выполнявшей ремонт, руководителем цеха (где эксплуатируется оборудование) и представителем службы охраны труда организации.

Техническое состояние оборудования повышенной опасности должно фиксироваться в журнале технического состояния в следующие сроки:

- работником, обслуживающим оборудование, - ежедневно в конце смены, а при наличии замечаний по безопасности труда или в аварийных ситуациях – немедленно;

- руководителем участка, где установлено данное оборудование, - не реже одного раза в неделю;

- специалистами технических служб (отделы главного механика и главного энергетика), за которыми закреплено данное оборудование, и представителем службы охраны труда организации – не реже одного раза в месяц.

Основное и вспомогательное оборудование цехов металлургического производства должно устанавливаться в соответствии с направлением основного грузопотока. Размещение производственного оборудования должно обеспечивать безопасность и удобство его обслуживания и ремонта [32].

6.1.2 Требования охраны труда к работам с повышенной опасностью

Работы с повышенной опасностью в зонах постоянного действия опасных производственных факторов, возникновение которых не связано с характером выполняемых работ, должны выполняться по наряду-допуску.

Наряд-допуск определяет место выполнения, содержание работ с повышенной опасностью, условия их безопасного проведения, время начала и окончания работ, состав бригады и лиц, ответственных за безопасность при выполнении этих работ.

К работам с повышенной опасностью допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, обучение по специальной программе и аттестованные постоянно действующей экзаменационной комиссией организации.

На работы с повышенной опасностью, в выполнении которых принимают участие несколько цехов и служб организации, наряды-допуски должны выдаваться главным инженером или техническим директором организации или по его распоряжению заместителями или главными специалистами организации.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						62

Контроль охраны труда на металлургических производствах осуществляется руководителем, службой охраны труда.

6.1.3 Требования к профессиональному отбору, инструктажу, обучению и проверке знаний правил по охране труда работающих

К эксплуатации оборудования и выполнению технологических процессов допускаются лица соответствующей профессии, специальности и квалификации, прошедшие оформленные надлежащим образом обучение и инструктаж по охране труда.

Руководители и специалисты должны иметь образование и профессиональную подготовку, соответствующие их должности, а рабочие – профессиональную подготовку в объеме требований квалификационных характеристик и практические навыки в выполнении производственных операций.

Внеочередную проверку знаний по охране труда руководителей и специалистов следует проводить:

- при введении новых законодательных актов (технических регламентов);
- при изменении (замене) технологического процесса или оборудования, требующих дополнительных знаний по охране труда обслуживающего персонала;
- при назначении или переводе на другую работу, если новые обязанности требуют от руководителей дополнительных знаний;
- по требованию государственной инспекции труда;
- после аварий, несчастных случаев, а также при нарушении руководителями и специалистами или подчиненными им работниками требований нормативных правовых актов по охране труда;
- при перерыве в работе в данной должности более одного года.

6.1.4 Требования к применению средств защиты работников

Работникам, занятым на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, должны выдаваться бесплатно сертифицированные специальная одежда, специальная обувь и другие средства индивидуальной защиты (СИЗ). Приобретение и выдача работникам СИЗ, не имеющих сертификата соответствия, не допускаются

Работники не должны допускаться к работе без предусмотренных СИЗ, в неисправной, неотремонтированной, загрязненной специальной одежде и специальной обуви, а также с неисправными СИЗ. СИЗ должны периодически подвергаться испытаниям и проверкам на исправность в сроки, установленные нормативно-технической документацией на них. Работники, пользующиеся СИЗ, должны быть обучены правилам пользования этими средствами и способам проверки их исправности [32].

									Лист
									63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

6.1.5 Режим труда и отдыха

Режим труда и отдыха работающих должен устанавливаться в соответствии с техническим регламентом и с учетом существующих в организации условий и напряженности труда, особенностей и характера технологических процессов, степени автоматизации и механизации производства. На отдельных видах работ работникам в течение рабочего времени могут быть предоставлены специальные перерывы, обусловленные технологией и организацией производства и труда. Виды этих работ, продолжительность и порядок предоставления таких перерывов устанавливаются правилами внутреннего трудового распорядка организации.

6.1.6 Ответственность за нарушение требований по охране труда

За нарушения требований настоящего технического регламента или других нормативных правовых актов по охране труда виновные лица несут дисциплинарную, административную, уголовную и гражданско-правовую ответственность в установленном порядке. Ответственным за выполнение настоящих Требований и других нормативных правовых актов по охране труда, а также за состояние охраны труда является руководитель эксплуатирующей организации. Ответственными за выполнение настоящих требований, норм и инструкций по охране труда в структурных подразделениях, за обеспечение здоровых и безопасных условий труда являются руководители структурных подразделений.

6.1.7 Санитарно-бытовое и медицинское обеспечение работников металлургических производств

На всех объектах металлургических производств, исходя из санитарной характеристики предприятия, должны быть обустроены санитарно-бытовые и вспомогательные помещения в соответствии с действующими нормативами.

Работники металлургических производств должны быть обеспечены спецодеждой, спецобувью и средствами индивидуальной защиты в соответствии с нормами, утверждёнными правительством РФ. Работающие, не обеспеченные необходимой спецодеждой и средствами индивидуальной защиты или имеющие их в неисправном состоянии, не должны допускаться к работе.

Работникам, постоянно выполняющим совмещённые работы, помимо предусмотренных по нормам, необходимо выделять дополнительно спецодежду, спецобувь и средства индивидуальной защиты по совмещаемой профессии, если они не предусмотрены по основной профессии [32].

На предприятиях, где применяется в технологическом процессе ртуть, очистка спецодежды должна проводиться в соответствии с действующими требованиями обработки спецодежды, загрязнённой металлической ртутью или её соединениями.

										Лист
										64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР					

В металлургических производствах, где осуществляются работы с токсическими веществами, способными вызывать контактное поражение кожных покровов, следует применять перчатки, рукавицы, защитные дерматологические средства и проводить выборочный контроль за полнотой санитарной обработки.

На участках должны устраиваться для отдыха, снятия физического и нервно-эмоционального напряжения в рабочее время помещения с оптимальными параметрами микроклимата, оборудованных удобной, легко поддающейся чистке мебелью и комнаты психологической разгрузки.

6.2 Анализ вредных и опасных производственных факторов

Во время работы на человека воздействуют различные факторы производственной среды и не всегда они благотворно влияют на человека. Вредные и опасные факторы производственной среды являются основной причиной несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Характер и результаты воздействия производственного фактора на жизнь и здоровье занятого трудом человека в каждом случае конкретны и многовариантны, а в ряде случаев и уникальны, и зависят от взаимодействия множества условий и обстоятельств. Основная классификация действующих производственных факторов подразумевает деление на две категории:

- на вредные производственные факторы, то есть факторы, приводящие к заболеванию, в том числе усугубляющие уже имеющиеся заболевания;
- опасные производственные факторы, то есть факторы, приводящие к травме, в том числе смертельной. [34].

Вредные производственные факторы подразделяют на четыре категории в зависимости от природы их воздействия: физические, химические, биологические и факторы трудового процесса.

									Лист
									65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР

- в течение рабочего времени на территории работодателя либо в ином месте выполнения работы, в том числе во время установленных перерывов, а также в течение времени, необходимого для приведения в порядок орудий производства и одежды, выполнения других предусмотренных правилами внутреннего трудового распорядка действий перед началом и после окончания работы или при выполнении работы за пределами установленной для работника продолжительности рабочего времени, в выходные и нерабочие праздничные дни;

- при следовании к месту выполнения работы или с работы на транспортном средстве, предоставленном работодателем (его представителем), либо на личном транспортном средстве в случае использования личного транспортного средства в производственных (служебных) целях по распоряжению работодателя (его представителя) или по соглашению сторон трудового договора;

- при следовании к месту служебной командировки и обратно, во время служебных поездок на общественном или служебном транспорте, а также при следовании по распоряжению работодателя (его представителя) к месту выполнения работы (поручения) и обратно, в том числе пешком;

- при следовании на транспортном средстве в качестве сменщика во время междусменного отдыха (водитель-сменщик на транспортном средстве, проводник или механик рефрижераторной секции в поезде, член бригады почтового вагона и другие);

- при работе вахтовым методом во время междусменного отдыха, а также при нахождении на судне (воздушном, морском, речном) в свободное от вахты и судовых работ время;

- при осуществлении иных правомерных действий, обусловленных трудовыми отношениями с работодателем либо совершаемых в его интересах, в том числе действий, направленных на предотвращение катастрофы, аварии или несчастного случая.

Расследованию в установленном порядке как несчастные случаи подлежат также события, если они произошли с лицами, привлечёнными, в установленном порядке к участию в работах по предотвращению катастрофы, аварии или иных чрезвычайных обстоятельств либо в работах по ликвидации их последствий.

Несчастный случай считается не связанным с производством, если он произошёл:

- в результате смерти общего заболевания или самоубийства, подтверждённой в установленном порядке учреждением здравоохранения и следственными органами;

- в результате смерти или повреждения здоровья, единственной причиной которых явилось, по заключению учреждениями здравоохранения, алкогольное, наркотическое или токсическое опьянение (отравления) работника, не связанное с нарушением технологического процесса, где используются технические спирты, ароматические, наркотические и другие аналогичные вещества.

- в результате совершения пострадавшим проступка, содержащего по заключению правоохранительных органов признаки уголовно-наказуемого деяния [35].

										Лист
										68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР

на производстве в отдельных отраслях в отдельных отраслях и организациях» (с изменениями о дополнениями) - Введ. 2003-01-01.

					22.03.02.2021.11183.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72