

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт открытого и дистанционного образования
Кафедра Техники, технологии и строительства

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
Доцент, к.т.н
_____ К.М. Виноградов
_____ 2020 г.

Оборудование и технология производства электростали 15
с использованием внепечной обработки

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–22.03.02.2020.213 ПЗ ВКР

Руководитель работы,
доцент, к.т.н
_____ С.А. Меденков
_____ 2020 г.

Автор работы
студент группы ДО – 513
_____ Г.И. Герасимов
_____ 2020 г.

Нормоконтролер,
преподаватель
_____ О.С. Микерина
_____ 2020 г.

Челябинск 2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»

Профиль бакалавриата: Электрометаллургия стали

Кафедра «Техники, технологии и строительства»

Направление 22.03.02 «Металлургия»

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий кафедрой ТТС
Виноградов К.М.

«___» _____ 2020г.

З А Д А Н И Е

на выпускную квалификационную работу студенту

Герасимову Гордею Ивановичу

Группа: ДО-513

- 1 **Тема выпускной работы:** «Оборудование и технология производства электростали 15 с использованием внепечной обработки», утверждена приказом по университету от « 24 » апреля 2020г. № 627.
- 2 **Срок сдачи студентом законченной работы** «13» июня 2020 г.
- 3 **Исходные данные к работе**
 - 3.1 Марка стали: 15.
 - 3.2 Наименование конечного продукта производства: сляб.
 - 3.3 Материалы преддипломной практики.
- 4 **Содержание пояснительной записки** (перечень подлежащих разработке вопросов):

Аннотация

Оглавление

Введение

1 Технологическая часть

1.1 Описание стали 15.

1.2. Назначение выплавляемой стали 15.

1.3. Технологическая схема производства стали 15.

1.4. Выбор оборудования для выплавки.

1.5. Сырьевые материалы, необходимые для выплавки.

1.6. Контроль качества продукции.

2. Расчетная часть

2.1. Материальный баланс плавки.

2.2. Тепловой баланс печи.

3. Возможные дефекты конечного продукта производства.

3.1. Общие сведения о дефектах конечного продукта производства.

3.2. Виды дефектов сталеплавильного происхождения.

3.3. Способы определения дефектов непрерывнолитой заготовки.

4. Зарубежный опыт производства подобной продукции.

5. Возможные направления модернизации производства.

6. Охрана труда и техника безопасности.

6.1 Общие требования охраны труда.

6.2 Анализ опасных производственных факторов.

6.3 Анализ вредных производственных факторов.

6.4 Освещение, виды производственного освещения, его влияние на деятельность человека.

Заключение

Библиографический список

Приложения

7 Перечень графического материала:

7.1 Химический состав стали 15 (плакат)

7.2 Технологический цикл производства (плакат)

7.3. Планировка сталеплавильного цеха (чертеж)

7.4. Дуговая сталеплавильная печь (чертеж)

7.5 Агрегат ковш-печь (чертеж)

7.6. Машина непрерывного литья заготовок (чертеж)

Всего листов 6

5 Консультанты по работе, с указанием относящихся к ним разделов:

№ п/п	Раздел	Консультант	Подпись	
			задание выдал	задание принял
1	Технологическая часть	Меденков С.А.		
2	Расчетная часть	Меденков С.А.		
3	Возможные дефекты конечного продукта производства	Меденков С.А.		
4	Зарубежный опыт производства подобной продукции	Меденков С.А.		
5	Возможные направления модернизации производства	Меденков С.А.		
6	Охрана труда и техника безопасности	Меденков С.А.		

5 Дата выдачи задания: «1» февраля 2020 г.

Руководитель работы: / _____ / Меденков С.А. /

Задание принял к исполнению:

Студент: / _____ / Герасимов Г.И. /

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении
1	Введение	01.02.2020-20.02.2020	
2	Технологическая часть	21.02.2020-21.03.2020	
3	Расчетная часть	22.03.2020-21.04.2020	
4	Дефекты конечного продукта производства	22.04.2020-05.05.2020	
5	Зарубежный опыт производства подобной продукции	06.05.2020-13.05.2020	
6	Возможные направления модернизации производства	14.05.2020-21.05.2020	
7	Охрана труда и техника безопасности	22.05.2020-29.05.2020	
8	Графическая часть	30.05.2020-05.06.2020	
9	Нормоконтроль	06.06.2020-13.06.2020	
10	Срок сдачи готовой работы	13.06.2020	
11	Защита проекта	26.06.2020 (для заочной формы)	

Зав. кафедрой: / _____ / Виноградов К.М. /

Руководитель работы: / _____ / Меденков С.А. /

Студент: / _____ / Герасимов Г.И. /

■

АННОТАЦИЯ

Герасимов Г.И. – Оборудование и технология производства электростали 15 с использованием внепечной обработки – Челябинск: ЮУрГУ, 2020, ДО-513, 67 стр., 12 ил, 29 табл., библиогр. список – 32 наим., прил. на 6 л.: 4 чертежа ф. А1, 2 плаката ф. А1

Цель работы заключается в изучении процесса получения электростали 15 с путем выплавки полупродукта в дуговой сталеплавильной печи (ДСП-120) и внепечной обработки на АКП-100 на примере металлургического завода.

В работе представлены: свойства и области применения электростали 15, технология получения, оборудование и сырье, необходимые для ее производства, контроль качества продукции.

Цель технологической части работы заключается в изучении действующей технологии получения стали 15 в условиях электросталеплавильного цеха ПАО «Ашинский металлургический завод».

22.03.02.2020.213 ПЗ ВКР

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Герасимов Г.И.			Оборудование и технология производства электростали 15 с использованием внепечной обработки	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Меденков С.А.					6	
Реценз.								
Н. Контр.		Микерина О.С.						
Утверд.		Виноградов К.М.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	10
1.1 Влияние примесей на свойства стали 15	10
1.2 Описание стали 15	12
1.3 Назначение выплавляемой стали	14
1.4 Технологическая схема получения стали 15	14
1.4.1 Оборудование для выплавки стали.....	14
1.4.2 Технологические особенности выплавки стали.....	18
1.4.3 Оборудование внепечной обработки стали.....	20
1.4.4 Выбор шихты для выплавки	27
1.4.5 Выбор огнеупорных материалов	28
1.5 Технологическая карта (схема) выплавки	29
1.6 Контроль качества продукции.....	29
2 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ	31
2.1 Материальный баланс плавки	31
2.1.1 Расчет шихты для производства стали 15	31
2.1.2 Расчет баланса периода плавления.....	33
2.1.3 Период окисления.....	35
2.1.4 Обработка стали в ковше-печи	38
2.1.5 Раскисление и легирование	39
2.1.6 Десульфурация.....	41
2.1.7 Газообразование	42
2.1.8 Материальный баланс периода окисления	42
2.2 Тепловой баланс печи	43
2.2.1 Схема теплового баланса	43
2.2.2 Поступление тепловой энергии печь	44
2.2.3 Расход тепловой энергии.....	45
3. ВОЗМОЖНЫЕ ДЕФЕКТЫ КОНЕЧНОГО ПРОДУКТА ПРОИЗВОДСТВА..	47
3.1. Классификация дефектов	48
3.2 Причины возникновения дефектов	49
3.2.1 Дефекты формы (геометрии)	49
3.2.2 Дефекты торцов заготовки (дефекты реза)	51
3.2.3 Поверхностные дефекты	52
3.2. Внутренние дефекты.....	54
4 ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА ПОДОБНОЙ ПРОДУКЦИИ	57
5 ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА	59
6 ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ.....	61
6.1 Общие требования охраны труда	61
6.2 Анализ опасных производственных факторов	62
6.2.1 Запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны.....	60

					22.03.02.2020.213 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

6.2.2 Производственный шум и вибрация.....	64
6.3 Отходы металлургического производства. Утилизация отходов.....	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	64
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	65
ПРИЛОЖЕНИЕ	

					22.03.02.2020.213 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

ВВЕДЕНИЕ

Производство стали является одним из самых древних видов человеческой деятельности. Но в современном обществе его значение год от года увеличивается. Совершенствуются новые технологии производства, модернизируется и разрабатывается новое оборудование, повышается производительность и снижается вклад и трудность человеческого труда, безусловно, повышается качество выпускаемой продукции. Развитие инновационной составляющей металлургии в значительной мере определяется состоянием электрометаллургии как наиболее наукоемкой, экологичной, а также энергосберегающей технологий.

В современной действительности требования конкурентоспособности предприятия повышаются, но главный принцип рыночной экономики не меняется с древних времен - сочетание высокого качества и низких расходов на производство, который металлургическим заводом обеспечивается использованием энерго-, ресурсо- и трудосберегающих инновационных технологий, автоматизацией и компьютеризацией производственного процесса.

В дуговой сталеплавильной печи современные технологии производства стали в дуговых сталеплавильных печах, при внепечной обработке в установке печьковш, применение современных производственных технологий по разливке стали на машине непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) позволяют металлургическому заводу существенно снизить себестоимость производимой продукции и получать металл высокого качества.

Целью работы является изучение современных технологий производства электростали 15 и возможности их применения в условиях ПАО «Ашинского металлургического завода».

Задачи исследования:

- изучение свойств и области применения электростали 15;
- изучение действующей технологии производства качественной электростали 15 в условиях ПАО «Ашинский металлургический завод»;
- осуществление и обоснование выбора типа агрегата внепечной обработки для использования в условиях ПАО «Ашинский металлургический завод»;
- разработка новой технологической схемы производства стали 15 с использованием агрегата «Consteel».

						22.03.02.2020.213 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			9

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Влияние примесей на свойства стали 15

Руды железа, топливо и флюсы всегда содержат определенное количество примесей, которые остаются в чугуне, и переходят и в сталь. Такие примеси, как сера, фосфор, марганец, кремний и алюминий относят к постоянным. Алюминий с марганцем и кремнием применяется в качестве раскислителя и поэтому в малых количествах они всегда есть в раскисленных сталях

С рудами из различных месторождений, из железного лома в сталь поступают медь, мышьяк, олово, цинк, сурьму, свинец, которые считают случайными примесями [1-10].

Углерод – это основной и упрочняющий элемент у стали. За счет упрочнения твердым раствором углерода привносится упрочнение, а также по причине дисперсного выделения карбидов. С повышением содержания углерода в стали её прочность повышается, а пластичность и свариваемость снижаются.

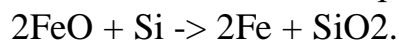
При кристаллизации стали углерод склонен к макросегрегации на дефектах структуры, таких как границы зерен, и дислокации.

Марганец вводят в любую сталь для раскисления, т.е. для устранения оксида железа. Марганец повышает растворимость углерода в аустените, образует твердые растворы с ферритом и цементитом. Марганец повышает прочность стали, нейтрализует вредное влияние серы, путем образования высокоплавкого сульфида. Mn благоприятно влияет на качество поверхности стали, за исключением сталей с очень низким содержанием углерода, положительно влияет на ковкость и свариваемость сталей.

Марганец растворяется в цементите, не образует карбида, способствует образованию аустенита и расширяет аустенитную область в диаграмме состояния Fe-C. Присутствие Mn способствует сегрегации примесей - фосфора, олова, сурьмы и мышьяка - к границам зерен, возникновению отпускной хрупкости.

Кремний обладает полной растворимостью в феррите, повышает предел текучести стали, способствуя снижению пластической деформации, поэтому в сталях, подлежащих холодной штамповке или вытяжке, количество кремния должно быть минимальное.

Его вводят в сталь для раскисления:



Кремний относится к основным раскислителям, используемым при выплавке стали. Спокойные углеродистые стали содержат до 0,60 % Si, полуспокойные стали - около 0,1 % Si.

А при содержании Si до 0,30 % - полностью растворен в феррите, а далее повышает прочность феррита, при этом не снижает пластичности металла. В случае, когда содержание кремния превышает 0,40 %, то можно наблюдать существенное, значительное понижение пластичности металлов.

										Лист
										10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2020.213 ПЗ ВКР					

В сочетании с марганцем или молибденом кремний приобретает более существенную закаливаемость сталей. Он при этом вовсе не содержит цементита, других карбидов, а также спокойно принимает растворимость в мартенсите и очень существенно замедляется способность к распаду легированного мартенсита, вплоть до 300 °С.

Фосфор – вредная примесь для стали, что связано с образованием тройной фосфидной эвтектики ($Fe+Fe_3P+Fe_3C$), выделяемой по границам зерен. при высокой температуре Растворимость фосфора при высокой температуре - до 1,2 %, при понижении температуры понижается до 0,02-0,03 %. Вместе с тем, фосфор, повышает упрочняемость сталей и замедляет, распад мартенсита.

Сера – вредная примесь, потому что при затвердевании расплава образуется сернистое железо (FeS), оно снижает жидкотекучесть и повышает усадку. Содержание серы в высококачественной стали не может быть превышать 0,02-0,03 %. Причем, для сталей общего назначения содержание серы допускается 0,03-0,04 % S.

Сера не растворяется в железе, поэтому любое количество серы образует с железом сульфид железа FeS . Сернистое железо с железом образует легкоплавкую эвтектику ($Fe+FeS$) с температурой, плавления 988 °С. При охлаждении эвтектика ($Fe+FeS$) выделяется по границам зерен, приводит к охрупчиванию, понижается прочность при повышенных температурах, т. е. к красноломкости. Усиливает отрицательное влияние серы с ее склонностью к дендритной ликвации, присутствие серы и её сульфидов тормозит распад цементита и перлита, это в свою очередь повышает время отжига и энерго- и трудоемкость литья. А также нейтрализуют вредное действие серы легированием марганца, в 5-7 раз превышающим содержание серы, так как сера с Mn образует тугоплавкое соединение MnS ($T_{пл}=1620$ °С), большая часть которого переходит при плавке из жидкого чугуна в шлак.

Существуют разные способы очистки от серы: реагенты вводятся в металл в струе газа, непосредственно в металл, в шихту или другими способами, обычно сода вводится в парообразном или измельченном состоянии. Карбид кальция CaC_2 добавляют непосредственно в металл. После качественной обработки десульфурierenden реагентами содержание серы можно снизить до 0,001-0,015 %. Повышая температуру металла и уменьшая таким образом вязкость и повышая скорость диффузии, можно увеличить степень десульфурации.

Степень очистки металла от серы определяется, также, содержанием серы в исходной стружке. При десульфурации карбидом кальция, чем меньше серы в исходном составе, тем больший расход реагента требуется. С другой стороны, повышение содержания углерода в чугуне способствует увеличению степени десульфурации при обработке карбидом кальция. Карбид кальция с крупными зернами снижает содержание серы в чугуне в большей степени, чем мелкие. При использовании карбида кальция нужно помнить, что постоянное использование данного реагента снижает стойкость кислой футеровки.

					22.03.02.2020.213 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Ликвация – может наблюдаться в виде неоднородности плотности и в виде химической неоднородности (зональная ликвация) в отдельных частях отливки, а также в отдельных ее кристаллах (внутрикристаллитная ликвация). Ликвация может быть прямой и обратной. Прямой, когда неоднородность перемещается от периферии к центру отливки, и обратной, когда перемещение неоднородности происходит от центра к периферии.

1.2 Описание стали 15

Сталь 15 является качественной углеродистой сталью, характеризующейся повышенной прокаливаемостью вследствие увеличенного содержания Mn.

Класс стали - сталь конструкционная углеродистая качественная. ГОСТ 1050-13 стали 15 требует соответствия определенному химсоставу, эти данные приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1- Химический состав стали 15

Массовая доля элементов, %								
C	Si	Mn	Не более					
			P	S	Cr	Ni	Cu	As
0,12- 0,19	0,17- 0,37	0,35- 0,65	0,03	0,035	0,25	0,3	0,3	0,08

Механические свойства стали 15 по ГОСТ 1050-13 при комнатной температуре в зависимости от способа получения представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Механические свойства стали 15

Механические свойства при комнатной температуре											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	$\sigma_{в}$, Н/мм ²	δ , %	ψ , %	КС U, Дж/см ²	HR C	HB
	Операция	T, °C	Охлаждающая среда								
ГО СТ 105 0- 88	В горячем состоянии			До 250	Не определяются					—	≤149
	Нормализация	900	Воздух	До 80	225	370	27	55		—	—

				Свыше 80 до 250	225	370	25	50		—	101-143
	Прокат калиброванный нагартованном состоянии			—	—	440	8	45		—	≤197
	Прокат калиброванный в отожженном или высокоотпущенном состоянии			—	—	340	23	55		—	≤149
Прокат ультразвуковым контролем внутренних дефектов по ГОСТ 21120-75											
Прокат с нормированной в баллах макроструктурой в соответствии с требованиями, указанными в таблице											

Технологические свойства стали 15 приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 - Технологические свойства стали 15

Технологические характеристики					
Ковка		Охлаждение поковок, изготовленных			
Вид полуфабриката	Температурный интервал ковки, °С	из слитков		из заготовок	
		Размер сечения, мм	Условия охлаждения	Размер сечения, мм	Условия охлаждения
Слиток	1280-750	Поковки всех размеров:	Нормализация, два переохлаждения, отпуск	—	На воздухе
		Ответственного назначения			
Заготовка	1300-700	остальные	На воздухе		
Свариваемость		Обрабатываемость резанием		Флокеночувствительность	
Сваривается без ограничений (кроме химико-термически обработанных деталей). Способы варки: РД, РАД, АФ, МП и КТ		В горячекатанном состоянии при 149НВ K _v = 1,8 (твердый сплав), K _v = 1,6 (быстрорежущая сталь)		Не чувствительна	
				Склонность к отпускной хрупкости	
				Не склонная	

1.3 Назначение выплавляемой стали

Сталь 15 [5] представляет собой качественную нелегированную сталь, предназначенную для изготовления различных изделий, обладающих высокой пластичностью и применяемых при температурах от -40 до 450°С. Для изготовления деталей, не требующих химико-термической обработки, таких как крепеж, винты, вилки, траверсы, гайки, штанги, стяжки, фланцы, различные крюки, сварные конструкции (детали) и др. материал предварительно подвергают нормализации. Данная марка не предназначена для эксплуатации при высоких нагрузках. При требованиях высокой поверхностной твердости и износостойкости и невысоких прочностных характеристиках к сердцевине детали, изготовленные из стали 15, такие как рычаги, кулачки, гайки подвергают химико-термической обработке, например, цементации, нитроцементации и т.п.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 350°С (ПНАЭГ-7-008-89).

1.4 Технологическая схема получения стали 15

1.4.1 Оборудование для выплавки стали

					22.03.02.2020.213 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

В современных условиях производства технология выплавки стали в мартеновских печах является неконкурентоспособной из-за низкой производительности, высокой трудоемкости, затруднениях и нецелесообразности внедрения механизации и автоматизации процесса. Запуск в производство такого оборудования, как, например, в электросталеплавильном цехе № 2 Ашинского металлургического завода агрегата ковш-печь АКП-100 и МНЛЗ (машины непрерывного литья заготовки) привели к существенному отставанию мощности трех мартеновских печей от мощности данного оборудования. В связи с этим остро встает вопрос реконструкции цеха и замены сталеплавильного оборудования. Как результат 30 июля 2010 г данным предприятием запущена в производство первая в России печь с непрерывной конвейерной загрузкой шихты емкостью 120 тонн и мощностью 1 млн. тонн в год, со способностью заменить три мартеновских печи.

Дуговая электропечь (рисунок 1.1) состоит из следующих частей и механизмов: рабочее пространство (собственно печь) вместе с электродами и токоподводами и механизмами, обеспечивающими и наклон печи, и удержание, и при этом перемещение электродов и загрузку шихты.

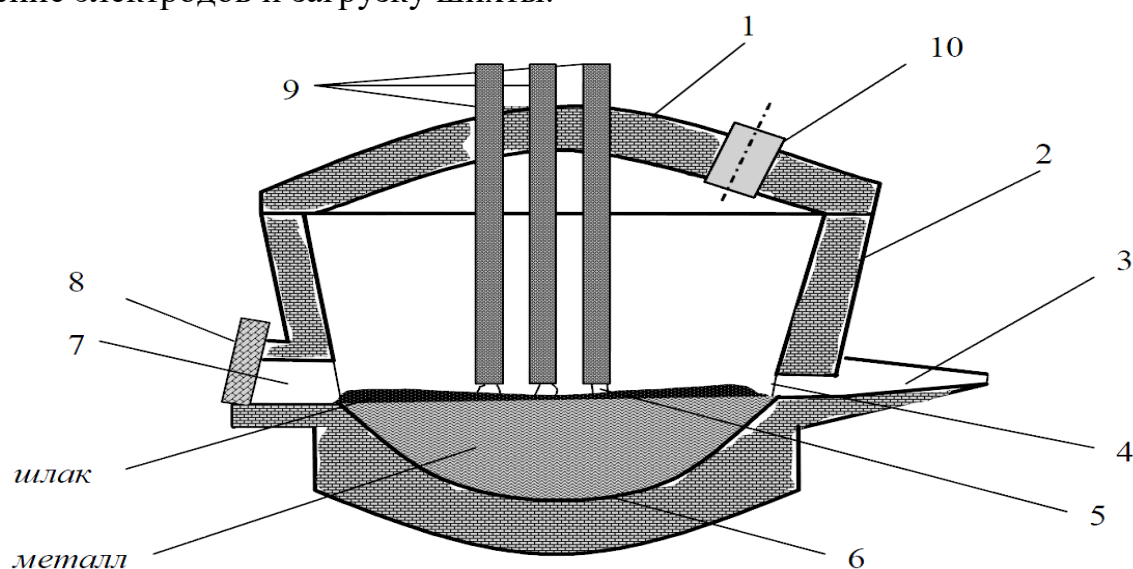


Рисунок 1.1 – Схема дуговой электропечи

Как и мартеновская печь, электродуговая сталеплавильная печь также представляют собой подовый агрегат, отражаемый шлаком и футеровкой стен. Но в данном случае источник тепла - именно электрические дуги, для самого процесса выплавки стали из металлической твердой шихты. Электрические дуги возникают в промежутке разряда между торцами электродов, поверхностью металлов в процессе трансформации в тепловую электрической энергии.

В заключенное в металлический кожух и футерованное огнеупорными материалами, рабочее пространство осуществляется загрузка шихтового материала, причем сверху двумя или тремя порциями через проем между сводом и стенами, открывающейся как раз для этой процедуры.

Печь снабжена сталевыпускным отверстием, расположенным в задней стенке на уровне пода, и, конечно, рабочее окно для непосредственного наблюдения за всем процессом и конечного введения добавочных материалов в ванну для изменения хим или физических свойств основного материала.

По технологии «Consteel» электросталеплавильная печь ДСП-120 оснащена системой непрерывной загрузки металлошихты, имеющей емкость в 120 тонн.

В таблице 1.4 представлены общие характеристики дуговой сталеплавильной печи ДСП-120.

Таблица 1.4 - Общие характеристики дуговой сталеплавильной печи ДСП-120

Наименование	Показатели
Тип печи	Печь переменного тока с полной платформой
Система загрузки металлошихты	Система непрерывной загрузки – CONSTEEL
Тип выпуска жидкого металла	Эркерный
Сталь на выпуске	120 т
Зеркало расплавленного металла	50 т
Диаметр кожуха	6800 мм
Внутренний диаметр панелей	6900 мм
Тип панелей	стальные и медные (нижние) трубы
Угол выпуска	20 °
Угол спуска шлака	– 15 °
Объем печи	148 м ³

Новым процессом является система непрерывной загрузки скрапа, который внедряется в действующий технологический процесс, благодаря этому, за счет сокращения времени на отключение печи, повышается производительность выпуска продукции и экономится электроэнергия, затрачиваемая на нагрев печи.

Непрерывная загрузка металлошихты позволяет использовать печи с плоской ванной, в результате чего значительно снижаются броски тока и шум печи. При внедрении подобной системы появляется вероятность повышения подводимой к дуговой сталеплавильной печи мощности до 20 % при постоянной мощности короткого замыкания сети без повышения уровня пульсаций. Использование непрерывной загрузки шихтового материала позволяет производству исключить потери тепла, связанные с открытием свода печи для загрузки сырья, что обуславливает сокращение потребляемой электроэнергии примерно на 20 кВт·ч на тонну расплава [11].

Результатом внедрения данной технологии являются следующие показатели:

- повышение технико-экономических показателей процесса выплавки вследствие снижения энергопотребления, уменьшения количества операций и сокращения времени на отключение печи;

- снижение трудоемкости процесса, обусловленное сокращением работ по техническому обслуживанию и снижением числа обслуживающих машин: сталевозов и электромостовых кранов, вследствие сокращения количества операций;

- сокращение количества выбросов в окружающую среду путем снижения количества отверстий в своде печи;

- повышение безопасности операторов, обслуживающих агрегат, путем отсутствия брызг стали в закрытой установке.

Наконец, модернизация оборудования и технологии сталеплавильного передела способствует повышению экономических показателей завода и позволяет выйти предприятию на современный высокотехнологичный уровень производства листовой стали.

Описание процесса с использованием технологии «Consteel» [12]:

- Metalloshixta через загрузочное окно в кожухе печи непрерывно поступает в печь по конвейерному туннелю;

- В направлении, противоположном движению скрапа, в туннель подается разогретый печной газ, и он нагревает шихту перед загрузкой в печь.

- В дуговой сталеплавильной печи проводится процесс «Consteel», состоящий в том, что в печь вместе со струей кислорода подается угольная пыль при этом в атмосфере печи образуются соединения CO и CO₂;

- В туннельный нагреватель подводят воздух для дожигания CO, а тепло, образующееся в результате этого процесса, частично используется для разогрева шихтового материала в конвейере и частично остается в печи.

- Непрерывно загружаемый скрап поступает в ванну с расплавом, погружается там в жидкий металл, и растворяется в нем.

Установка подогрева и непрерывной загрузки в электродуговую печь по технологии «Consteel» представлена на рисунке 1.2.

					22.03.02.2020.213 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

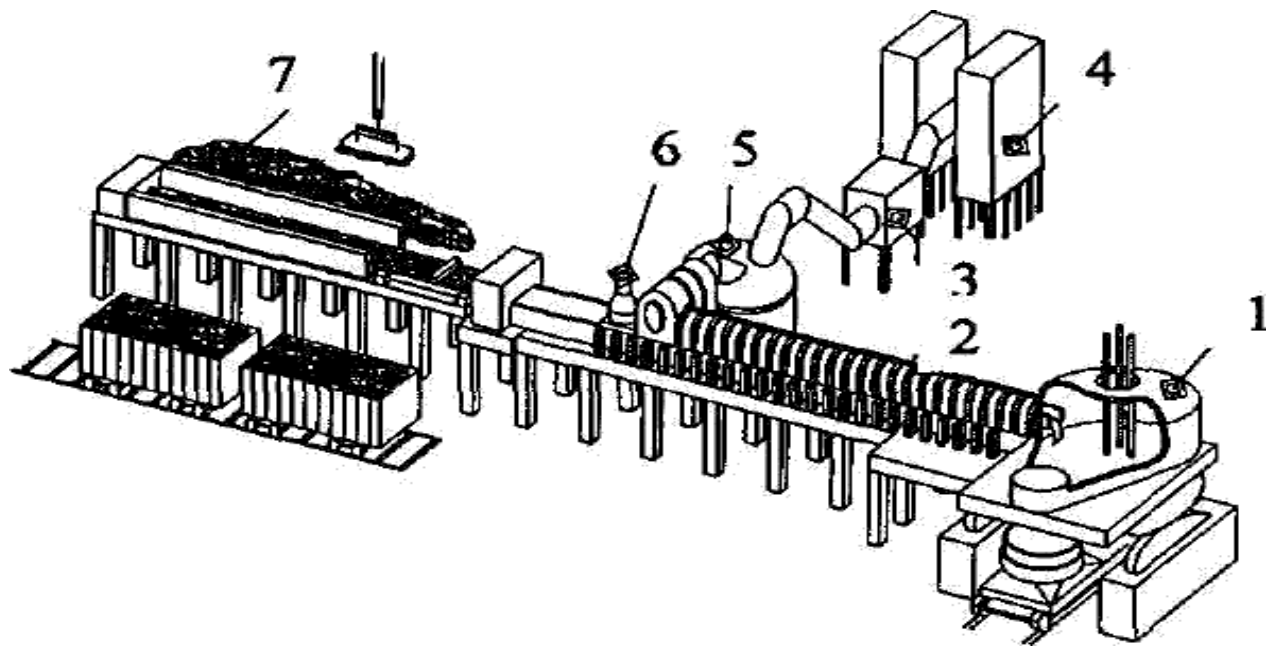


Рисунок 1.2 - Установка подогрева и непрерывной загрузки по технологии «Consteel» в электродугую печь: 1 – собственно электродуговая печь; 2 - зона нагрева шихты печными газами; 3 - камера охлаждения отходящих газов; 4 - мешочные фильтры; 5 - камера дожигания отходящих газов; 6 - динамические уплотнение; 7 - зона загрузки

В жидком состоянии металл поддерживается постоянным действием электрических дуг. Их воздействию не подвергается твердая шихта. На основании этого, в отличие от периодической загрузки шихты, горение дуг не возмущается короткими замыканиями электродов на твердые куски скрапа.

Предварительный подогрев шихты проводится с целью снижения энергопотребления при расплавлении. Как показывает практический опыт, экономия электроэнергии на тонну расплава при предварительном нагреве скрапа до $400 \div 600$ °С и расплавлении 70÷80 % массы завалки составляет до 80кВ/ч на выпуске.

Таким образом, главные преимущества технологии «Consteel» - непрерывная загрузка и предварительный подогрев скрапа - в кратчайшие сроки окупают вложенные инвестиции, сокращают производственные затраты, обеспечивают хорошую производительность, увеличивают безопасность персонала, уменьшают загрязнение окружающей среды.

1.4.2 Технологические особенности выплавки стали

Предварительно, перед загрузкой скрапа в печь, проводится расчет компонентов шихты [13-19], результаты расчетов вносятся в плавильную карту.

Перед завалкой шихты и во время её плавления в печь присаживаются 1,0 – 1,5 % масс. шлакообразующих компонентов: 2/3 части - известь, 1/3 части - шамот.

Порядок первой завалки шихты:

- на подину заваливают часть мелкой шихты;
- следующим слоем проводят загрузку крупной фракции;
- поверх крупной фракции заваливают оставшуюся часть мелкого скрапа;
- допускается применение шлакового отвала в количестве до 200 кг/т завалки;
- известь, другие компоненты вводятся на транспортер конвейера после подогревателя;
- процесс горения в подогревателе отслеживают контролем состава и температуры отходящего газа, на входе при этом поддерживается окислительная среда, а в прилегающей к печи зоне поддерживается восстановительная среда.

При получении заданной марки стали следует:

- обязательно учитывать марку стали предыдущей плавки. При большой разнице химического состава проводить выплавку и контроль промежуточного химического состава;
- после ремонта установки выплавлять сначала как минимум одну выплавку низкосортной стали на углеродистых отходах с окислением;
- после капитального ремонта проводить не менее двух выплавок низкосортной стали.

При использовании технологии «Consteel» [12] путем подвода тепловой энергии электродной дугой, которая экранируется вспененным шлаком, происходит быстрое плавление лома, при этом доля нерасплавленного лома в печи очень небольшая. Как было сказано выше, при таких процессах высока стабилизация дуги и низки помехи в электрической системе, а это понижает необходимость в сокращающемся колебания напряжения оборудовании, вызывающих фликкер - или эффект гармоник. Тем не менее, с целью управления процессом вспенивания и снижения эрозии футеровки печи, контроль эффекта гармоник проводится с помощью специального программного обеспечения с функцией «Анализа гармоник». Показателем недостаточного вспенивания шлака в токе электродов является повышение гармоник, поэтому в случае их увеличения оператору подается аварийный сигнал.

В ванной поддерживается температура кипения углерода. При подаче кислорода под зеркало ванны происходит реакция углерода с кислородом с образованием окиси углерода CO. Окись углерода способствует перемешиванию расплава и вспениванию шлака, после чего сгорает в камере подогревателя. Образующаяся при этом сгорании окиси углерода тепловая энергия используется для нагрева, что в данном случае способствует значительной энергоэкономии за счет внесения кислорода в ванну - в среднем - 2,0 - 3,0 кВт/Нм³ кислорода если сравнить с 1,0 кВт/Нм³ в ДСП обычного типа.

При составе шихтовой смеси 90 % лома и 10 % чугуновых чушек один рабочий цикл установки «Consteel», составляет примерно 60 минут.

					22.03.02.2020.213 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Итак, как было продемонстрировано, при замене периодической выплавки на непрерывную, происходит существенное повышение выхода готовой продукции. Но тем самым не решаются проблемы качества стали на стадии выплавки. Известно, что получение стали высокой чистоты с сниженным содержанием примесей исключает наличие других неоднородностей, как-то: газовые пузыри, расслой, трещины и т.п. Следовательно, вопрос получения стали чистой, без вредных примесей и газов имеет существенное значение. Проведение высокой очистки стали в печи для выплавки недостаточно продуктивно, что приводит к существенной потере производительности производства, и потому данные операции в настоящее время проводят путем применения различных технологических приемов, воздействуя на расплав в процессе выпуска и разлива. Различные способы обработки расплава с целью повышения качества металла, которые используются с момента выпуска из плавильной установки до заполнения изложницы, получили название внепечной обработки стали [13-15]. При внепечной обработке стали могут применяться как простые методы, когда используется один способ, так и комбинированные, когда обработка проводится одновременно двумя и более способами.

Примеры простых методов внепечной обработки- это продувка расплава инертным газом; обработка вакуумом; обработка шлаком определенного состава в ковше; продувка порошкообразными реагентами; введение реагентов в глубь металла. Как убеждает практика: наиболее эффективным для получения качественной стали является использование комбинированных способов внепечной обработки стали.

В большинстве своем процессы внепечной обработки стали проводятся:

- в сталеразливочном ковше с футеровкой из шамота с крышкой или без крышки;
- в сталеразливочном ковше со стопором шибберного типа и футеровкой из высокоогнеупорных материалов;
- в сталеразливочном ковше, приспособленном для вдувания газа или порошковых реагентов через смонтированные в днище устройства;
- в агрегате-ковше, подогреваемом в процессе обработки;
- в конвертере оборудованном продувкой стали кислородом, аргоном или паром;
- в конвертере с оборудованием для вакуумирования расплава и т.п.

На рисунке 1.3 представлена схема двухпозиционной установки «печь-ковш».

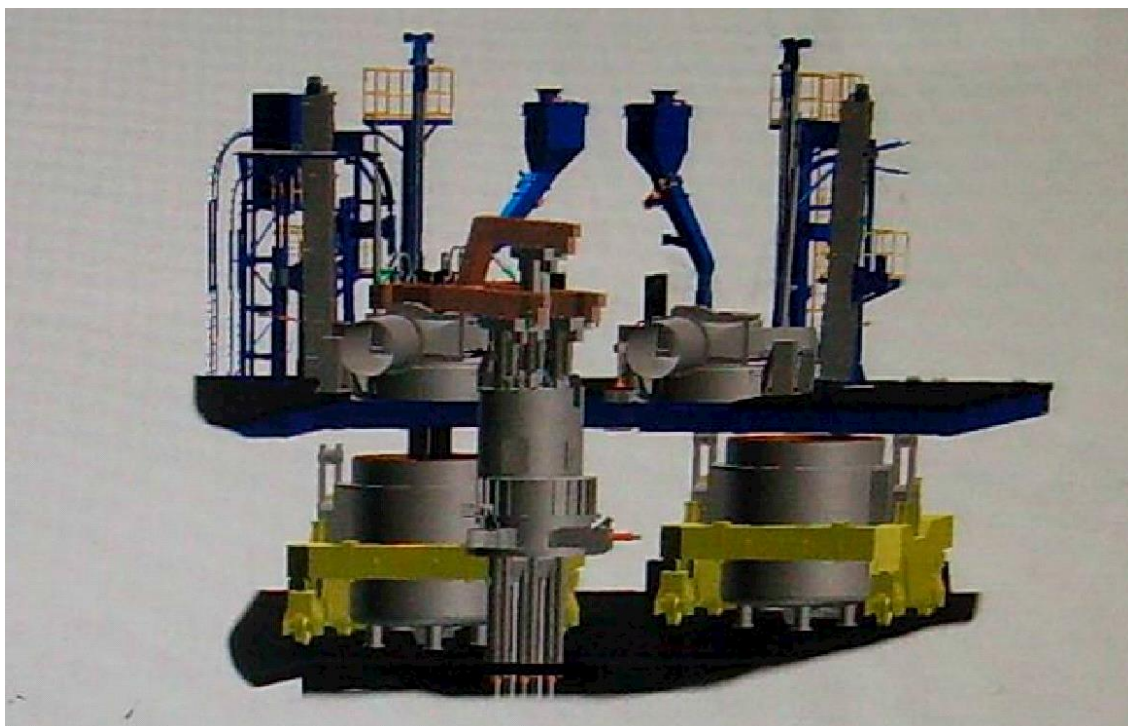


Рисунок 1.3 – Двухпозиционная установка «печь-ковш», внешний вид

На рисунке представлено: подогрев металла возможен только на одной позиции из двух, там находится свод с тремя электродами. Одновременно на установке может обрабатываться металл в двух ковшах.

Установка «печь-ковш» состоит из:

- самого каркаса установки, имеющей помещения и пост управления, встроенные в установку;
- большой системы для хранения, дозирования и подачи ферросплавов механизированного типа;
- одного тракта для подачи шлакообразующих материалов, ферросплавов;
- четырехручьевого трайб-аппарата на каждой позиции по одному по обработке для того, чтобы вводить в металлы алюминиевую, порошковую проволоку, имеющую различный вид наполнителя;
- водоохлаждаемой крышки свода в количестве 2 штук;
- нескольких механизмов для подъема крышек водоохлаждаемых;
- портала электродного поворотного, с графитовыми электродами, в диаметре равными 508 мм (рисунок 1.4);
- помещения с трансформаторами, которые имеют мощность 48+20 % МВт;
- системы высокого тока;
- муфт соединительных для автоматического подсоединения линии подачи к ковшу инертного газа;
- с целью измерения температуры и отбора проб металла манипулятор (на всех позициях);
- стенд для накапливания электродов;
- сталевозы с отлаженной системой донной продувки инертными газами под давлением 1,2...2,5 МПа сквозь пористые пробки в самом дне ковша- 2 штуки.

					22.03.02.2020.213 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21



Рисунок 1.4- Электродный портал поворотный с графитовыми электродами

Также систему удаления шлака относят к комплекту установки «печь-ковш» которая оборудована стендом для наклона ковша сталеразливочного, а также оборудована машиной, чтобы в итоге скачать шлак (рис. 1.5).



						22.03.02.2020.213 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			22

Рисунок 1.5 - Система удаления шлака

Внепечная обработка стали на Ашинском металлургическом заводе проводится на установке агрегата печь-ковш АКП-100, где проводятся операции окончательного раскисления, десульфурации, легирования и модифицирования.

Основные технические характеристики агрегата печь-ковша АКП-100 представлены в таблице 1.5.

Процесс рафинирования в агрегате проводится с использованием подогрева металла электрической дугой. Предварительно ковш очищается от остатков шлака и металла от предыдущей выплавки. Шлаковый гарнисаж в районе шлакового пояса не может выступать во внутрь ковша более, чем на 100 мм.

Для достижения стабильного результата температура ковша [19] на внутренней поверхности футеровки должна составлять минимум 900 °С. Контрольные замеры температуры на стенке ковша проводят на расстоянии 0,5 ÷ 1,0 м от днища примерно за 10 мин до выпуска самого металла.

АКП – 100, ее основные технические данные продемонстрированы в таблице 1.5

В ковше выполняется доводка химического состава стали [8-14], а также корректировка которого проводится на основе хим. анализа пробы. На заключительном этапе в ковш вводится 1м³ теплоизоляционной смеси марки ТИС–250ВД.

Таблица 1.5 – АКП-100, ее основные технические данные

Наименование параметра	Величина
Емкость ковша, т	100÷ 110
Диаметр кожуха ковша в верхней части, мм	3700 ⁺¹⁰
Номинальная мощность трансформатора, МВА	18 + 10%
Номинальное первичное напряжение трансформатора, кВ	10
Диапазон вторичных напряжений, В	318,5-132,5
Номинальная сила тока электрода, кА	32,6 + 10%
Диаметр электрода, мм	400
Диаметр распада электродов, мм	700
Скорость нагрева металла, град/мин.	3-4
Номинальное давление рабочей жидкости гидропривода, МПа	10
Расход охлаждающей воды (без учета трансформатора), м3/ч	220
Давление воды на охлаждение, МПа:	
- свода и элементов вторичного токоподвода	0,6
- трансформатора	0,25
Температура охлаждающей воды на сливе, град.С	не более 55

Продолжение таблицы 1.5 Расход электродов, кг/т	0,3-0,5
Расход электроэнергии, квт.ч/т	40-50
Расход азота, нм3/ч	2100-2600
Давление азота, МПа	0,3-0,4
Давление воздуха, МПа	0,4-0,6
Расход аргона на продувку металла, м3/ч	5-25
Давление аргона на продувку металла, МПа	0,6;1,2-1,5

По окончании выпуска стали и доводки по химическому составу на агрегате ковш-печь, сталеразливочный ковш перемещается литейным краном на поворотный стенд машины непрерывного литья заготовок МНЛЗ. Для кристаллизации стали Ашинским металлургическим заводом используется слябовая машина непрерывного литья, запущенная в 2007 году, технические данные которой, представлены в таблице 1.6.

Машина непрерывной разливки стали состоит из следующих структурных элементов: сталеразливочный и промежуточный ковши, водоохлаждаемый кристаллизатор, а также система охлаждения (вторичного), устройство для вытягивания заготовки из кристаллизаторов, оборудование для перемещения и резки слитков.

Таблица 1.6 – Технические данные слябовой МНЛЗ

Количество ручьев, шт.	1
Радиус разливочной дуги, м.	8
Металлургическая длина машины, м.	25,68
Размерный сортамент отливаемых слябов	180x900 – 1600 мм 240x900 – 1600 мм длина слябов 4,5÷6,8 м
Скорость разливки	1,72-2,17 м/мин – для сляба толщиной 180 мм 0,97-1,22 м/мин – для сляба толщиной 240 мм
Емкость сталеразливочного ковша, т	110
Вес плавки, т	100
Цикл разливки, мин	50-60
Емкость промежуточного ковша, т	27-30
Кристаллизатор	прямой с изменением ширины и толщины
Механизм качания	гидравлический
Тип затравки	цепная

МНЛЗ имеет поворотный стенд, который способствует непрерывности процесса за счет конструкции с двумя позициями, постоянно вращающейся, для того, чтобы установить ковши. Когда освободились сталеразливочные ковши, стенд перемещается на 180° , далее в позицию разливки переходит уже полный ковш. А пустой ковш заменяется в это время полным. Таким образом, разлив металла происходит в промежуточные ковши. То есть, как бы происходит некий «буфер» сталеразливочного ковша и кристаллизатора. Далее из промежуточного ковша металл разливается в кристаллизатор, который собой напоминает некую конструкцию водоохлаждаемую, не без помощи сервоклапана. Вертикальные колебания предотвращают застыв металла именно на стенках кристаллизатора. Предотвращается образование трещин различного рода. На рисунке 1.6. продемонстрировано устройство для приема сталь-ковша и поворотный стенд МНЛЗ.

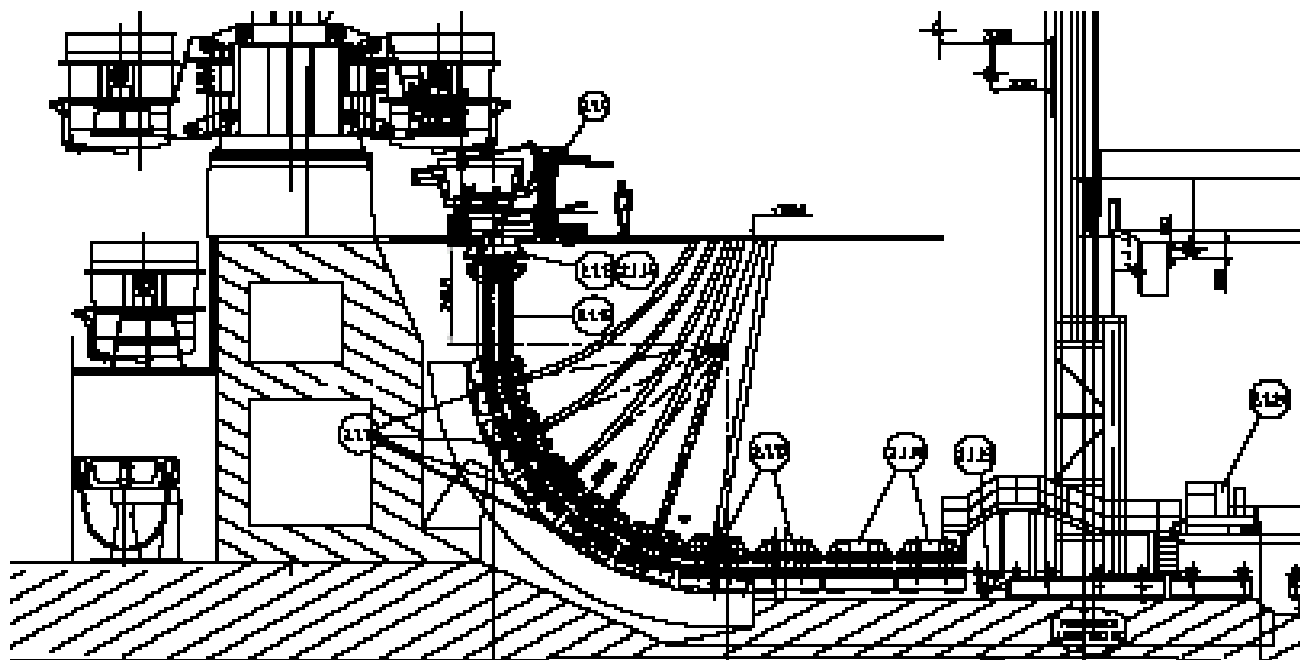


Рисунок 1.6 – Поворотный стенд и устройство для приема сталь-ковша

В кристаллизаторе стенки формируемого слитка (сляба) застывают. С целью охлаждения стали используют кристаллизатор прямой, у которого меняются ширина и толщина. Он оборудован подвесными роликами. Еще имеется высокочастотный гидравлического типа механизм качания, имеющий изменяемую амплитуду и форму кривой качания. Под воздействием тянущих роликов сляб доставляется на вторичное охлаждение. Через форсунки на слиток брызгается вода. МНЛЗ снабжена автоматической системой, имеющей челночный рольганг, а также необходимой для уборки шлама системой. Газовые резак и

Требования к извести по химическому составу таковы: CaO - 88 % min, CO₂ - % max, H₂O - 1,5 % max.

Известь с H₂O 1,5÷3 % допускается применить в период плавления или в окислительный период. Для использования в восстановительный период требуется прокаливание влажной извести при 600 °С в течение 40 мин. При этом нужно учитывать, что пригодная к использованию известь, должна быть израсходована в течение 12 часов с момента в цех.

Контроль влажности газообразного кислорода 0,8 г/м³ max проводится ежемесячно на кислородной станции.

Обязательно необходимо взвесить все шихтовые материалы перед плавкой.

1.4.5 Выбор огнеупорных материалов

При выборе огнеупорных материалов для футеровки дуговых сталеплавильных печей необходимо учитывать, что отдельные участки футеровки работают в разных условиях [9-11]. На основании этого следует рассматривать отдельно все условия службы огнеупоров подины, стен, свода и откосов. Непосредственно контактирует с расплавом стали и шлака футеровка подины, кстати, очень продолжительное время. По окончании плавки, при поступлении новой шихты подина начинает быстро остывать. Ее футеровка тут же напитывается окислами железа. Это происходит в процессе плавления и в окислительный период. Закись железа из футеровки поступает в металл и шлак, в восстановительный период сразу начинает восстанавливаться. Восстановительная среда превращается в окислительную сразу после выпуска. Футеровка в процессе слива, особенно откосы печи, контактируют и насыщаются шлаком, а потому откосы- наиболее уязвленное место футеровки. В футеровке стен периодически создаются высокие термические напряжения, так как скорость охлаждения внутренней поверхности стен может быть до 10 000 °С/ч. Самой недолговечной частью футеровки дуговых печей считается свод. Впрочем, сам свод переживает различные значительные температурные колебания, как футеровка стен: при плавке свод зачастую получает излучение дуг электродов на себя, им поглощается излучение, отражаемое шлаком и футеровкой стен, температура свода зачастую превышает огнеупорность в центральной части материала, и свод может даже подплавляться. А при открывании рабочего пространства свод начинает быстро остывать. Это и является основным источником больших термических напряжений. Кроме того, раскаленные газы, самовыбивающиеся из печи, осаживаются на своде и, в итоге, приводят к его химическому разрушению. Наконец, высокой огнеупорностью, термостойкостью, химической стойкостью подина и стены должны быть в отношении к плавильной пыли и большим тепловым и электрическим сопротивлениям. По причине того, что сочетание всех перечисленных свойств в одном материале невозможно, футеровку дуговых печей изготавливают из нескольких слоев, но имеющих разные свойства. Футеровку

						22.03.02.2020.213 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			28

дуговых печей в зависимости от выплавляемого металла сделать необходимо из кислых огнеупорных материалов или основных.

Для кислой футеровки применяют кварцит с содержанием SiO_2 в количестве 95-97%. Для футеровки печей с основной кладкой используют материалы на основе магнезитового порошка с добавлением бедной хромистой и железной руды [13].

1.5 Технологическая карта (схема) выплавки

В дуговой сталеплавильной печи ДСП-120 происходит выплавка стали. В первую очередь шихта заваливается в печь, затем она нагревается и производится плавка, которая доставляется к агрегату ковш-печь, как то: АКП-100. Там проводится доведение до нужного состава в компонентах для требуемой марки стали 15. А далее этап – МНЛЗ (машина непрерывного литья заготовки). Здесь мы получим готовый продукт (сляб), который предназначен для продажи или для прокатного производства. На рисунке 1.7. показана технологическая схема выплавки стали 15:

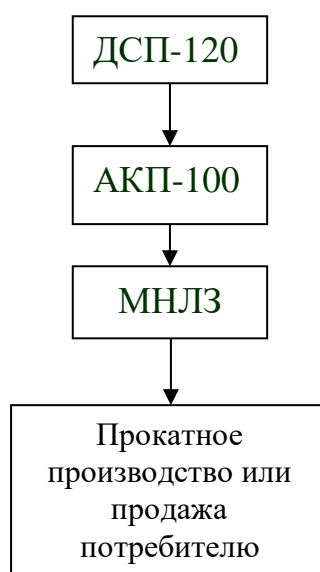


Рисунок 1.7 – Технологическая схема выплавки стали 15

1.6 Контроль качества продукции

Качество имеет существенное значение в деятельности любого предприятия. Для того, чтобы продукция сталеплавильного предприятия соответствовала всем параметрам и требованиям, а также имела всевозможные необходимые свойства, на металлургическом заводе нужно соблюдать порядок проведения необходимых

					22.03.02.2020.213 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

и требуемых организационных, технических и социальных мероприятий, направленных в свою очередь на соблюдение стандартов для изготовления качественной и безопасной продукции.

Основным из основных видов контроля качества стали считается контроль в ДСП-120 химического состава и температуры металла.

Заборы пробы металла производятся пробоотборниками марками: SAE 1200/900, SAE 1200/900 P6 или ПМ-39, ПН-10-900 и др. А замер температур металла измеряется термопарами: ТС 360312, СЕ 36011290, ПТПР-91-900 разового использования. Самый первый замер температуры – обязательно после полного расплавления металлошихты.

И не раньше, чем за 3 мин до выпуска делают последний замер температуры. Кроме того, промежуточный контроль температуры металла рекомендуется проводить через 10 – 15 мин работы под действием токов (в зависимости от ступеней разогрева), а также спустя 1 – 2 мин после подъема электрода.

Измеряют, также в ручном режиме, при отборе проб и замере температуры:

- отбор проб стали и замер температуры вручную производят через 1 – 2 мин после разрыва электродуги;

- пробо отборник и термо преобразователь погружают в расплав стали на глубину 2/3 длины пробо отборника;

- время отбора проб – от 5 до 8 сек, время замера температуры – 5 сек;

- пробу охлаждают до потемнения сжатым воздухом, затем в воде до температуры, достаточной для последующего высыхания пробы.

Последнюю пробу отбирают не ранее, чем за 10 мин до выпуска плавки. Вместе с последней пробой отбирают стержневую пробу для определения газов, в случае, если это необходимо.

В пробе металла не должен присутствовать шлак. Когда на пробе встречаются шлаковые включения, трещины и другие дефекты, то пробу выбраковывают и берут новую. Перед тем, как взять пробу металла или шлака из печи, прекращают подачу кислорода, других углеродсодержащих материалов и шлаков.

Пробы металла передаются на химический анализ сразу после отбора и охлаждения, можно по пневмопочте, в лабораторию для экспресс-анализа. Далее лаборанту сообщается № плавки и № пробы. Основные геометрические требования к размерам заготовок предложены в таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Контроль основных геометрических требований к размерам заготовок

Наименование	Интервал размеров, мм	Предельные отклонения по размерам, мм
--------------	-----------------------	---------------------------------------

Толщина	180; 240	±5
Ширина	от 900 до 1600 включительно	±1%
Длина	до 1200	±15
	от 1200 до 4500 включительно	±20
	свыше 4500 до 6800 включительно	±60

Вывод по разделу один

Сталь 15 является качественной углеродистой сталью, характеризующейся повышенной прокаливаемостью вследствие увеличенного содержания Mn.

Класс стали – сталь конструкционная углеродистая качественная. Электросталеплавильная печь ДСП-120 оснащена системой непрерывной загрузки металлошихты по технологии «Consteel» емкостью 120 тонн. При получении заданной марки стали 15 следует обязательно учитывать ряд условий.

Шихтовые материалы перед использованием на плавку должны быть взвешены. На АКП-100 проводится доводка до состава компонентов марки стали 15.

Следующий этап сталеплавления это машина непрерывного литья заготовки откуда получаем готовый продукт (сляб) для продажи либо для дальнейшей передачи в прокатное производство.

2 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Материальный баланс плавки

2.1.1 Расчет шихты для производства стали 15

Рассчитываемый состав стали 15 представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Химический состав стали 15

Массовая доля элементов, %								
C	Si	Mn	Не более					
			P	S	Cr	Ni	Cu	As
0,12- 0,19	0,17- 0,37	0,35- 0,65	0,03	0,035	0,25	0,3	0,3	0,08

Отходы стали Ст40 и отходы инструментальной стали У10 на предприятиях металлургии часто используются в качестве шихты. Попробуем задать состав шихты для плавки из 70 кг отходов стали Ст40, а также из 30 кг отходов углеродистой стали (таблица 2.2).

										Лист
										31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2020.213 ПЗ ВКР					

Таблица 2.2 – Химический состав металлической части шихты, масс. %

Материал	C	Si	Mn	Cr	P	S	Fe
Ст40	0,40	0,35	0,60	0,20	0,030	0,030	98,39
У10	1,09	0,28	0,28	0,15	0,025	0,023	97,72

Химический состав стали Ст40 по ГОСТ 1050 - 88 представлен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Химический состав Ст 40, %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0.37 - 0.45	0.17 - 0.37	0.5 - 0.8	до 0.3	до 0.04	до 0.035	до 0.25	до 0.3	до 0.08

Химический состав стали У10 в соответствии с ГОСТ 1050 - 88 приведен в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Химический состав материала стали У10 (ГОСТ 1435-99), %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	C
0.95 - 1.09	0.17 - 0.33	0.17 - 0.33	до 0.25	до 0.028	до 0.03	до 0.2	до 0.25	0.95 - 1.09

Исходя из процентного соотношения вносимых отходов стали 40 и У10, расчетная масса составных элементов, в общем составе используемой для плавки шихты, представлена в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Масса вносимых шихтовыми материалами элементов, кг

Вид отхода	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As	Fe	Всего
Ст40	0,29	0,19	0,46	0,1	0,025	0,024	0,14	0,21	0,056	68,505	70
У10	0,31	0,09	0,076	0,06	0,069	0,075	0,05	0,07	-	29,2	30
Всего	0,60	0,28	0,536	0,16	0,094	0,099	0,19	0,28	0,056	97,705	100

В завалку сверху добавляют известь в добавок к металлической части шихты. А для наведения шлака в завалку на 1 т металлошихты обычно применяют 15 кг извести. Химический состав извести ИС-2, используемой на предприятии приведен в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Химический состав извести ИС-2, в соответствии с ГОСТ 14-16-165-85

Массовая доля, %						
CaO+MgO	CaO, не менее 88	MgO, не более 6	SiO ₂ , не более 2	S, не более 0,08	P, не более 0,1	Потери при прокаливании, не более
91,27	88,07	3,2	1,8	0,06	0,07	6,8

2.1.2 Расчет баланса периода плавления

Элементы шихты в процессе плавки окисляются и постепенно превращаются в шлак. Вот например, в процессе плавления кремний окисляется почти на 100%, образуется оксид SiO₂, впрочем для его окисления расходуется до $0,28 \cdot 32 : 28 = 0,32$ кг кислорода. Значит, что в шлак перейдет $0,32 + 0,28 = 0,6$ кг SiO₂.

Проведенный нами расчет элементов, перешедших в шлаки (в их числе известь), представлен в таблице 2.7. При данных расчетах принимаем: в периоде плавления окисляется до 35% марганца и образуется MnO. Хром окисляется в количестве около 5% с образованием Cr₂O₃. Железо же окисляется в период плавления в количестве примерно 0,4% от вносимого в шихту, из этого количества 50% - оксид Fe₂O₃, который исчезает вместе с пылью. Футеровка печи, как было сказано ранее, во время плавки изнашивается. Далее продукты износа переходят в шлак в виде оксидов. Их состав и количество определяются уже непосредственным составом футеровочных материалов. На металлургическом предприятии используют периклазохромитовые огнеупоры, водоохлаждаемые стены и свод. При этом в процессе проведения плавки в шлак переходит порядка 3 кг периклазового порошка в виде MgO (92%) и SiO₂ (1,3%) в расчете на каждую тонну стали.

Дополнительному науглероживанию плавки способствуют графитовые электроды в печи. И при этом в металл переходит в среднем около 2 кг на тонну шихты. Учитываем, что усвоение углерода электродов происходит только на 75%. Процесс плавления занимает около 2/3 от продолжительности плавки в металл, то с учетом этого дополнительно переходит около 100г ($0,2 \cdot 0,75 \cdot 2/3 = 0,1$). А остальные 25% углерода выделяются в атмосферу печи в виде CO, что составит $0,2 \cdot 0,25 \cdot 28 \cdot 2 / (12 \cdot 3) = 0,078$ кг.

В таблице 2.7. показаны элементы, которые перешли в шлак в период плавления:

Таблица 2.7. – Элементы, перешедшие в шлак в период плавления

Источник	Элемент	Оксид	Перешло в шлак, %	Масса элемента, в шлаке, кг	Кислород для окисления, кг	Масса оксида в шлаке, кг
Шихта	Si	SiO ₂	100	0,28	0,32	0,6
	Mn	MnO	35	0,188	0,055	0,243
	Cr	Cr ₂ O ₃	5	0,0095	0,0044	0,0139
	Fe	Fe ₂ O ₃	0,2	- (0,1955*)	0,084	- (0,279*)
	Fe	FeO	0,2	0,1955	0,056	0,252
	P	P ₂ O ₅	30	0,0297	0,0383	0,068
Известь	CaO	CaO	-	1,321	-	1,321
	SiO ₂	SiO ₂	-	0,0027	-	0,0027
	S		-	0,001		0,001
	MgO	MgO	-	0,048	-	0,048
	P	P ₂ O ₅	0,0002	0,001	0,0013	0,00229
Футеровка	MgO	MgO	0,276	0,276	-	0,276
	SiO ₂	SiO ₂	0,004	0,004	-	0,004

* - Fe₂O₃ в шлак не переходит.

В расчетах условлено, что углерод в период плавления не будет окисляться, кроме того, сера из металла не удалится.

Но при прокаливании в атмосферу печи из извести удалится $0,068 \cdot 1,5 = 0,102$ кг CO₂.

Теперь объединим состав печного шлака в период плавления в единую таблицу 2.8.

Таблица 2.8 – Количество и состав печного шлака периода плавления

Источник	SiO ₂	CaO	MnO	FeO	Cr ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	Всего
Известь	0,027	1,32	-	-	-	0,048	0,002	1,395
Футеровка	0,004	-	-	-	-	0,276	-	0,280
Продукты окисления	0,6	-	0,243	0,253	0,0139	-	0,068	1,178
Всего, кг	0,631	1,32	0,243	0,253	0,0139	0,3124	0,07	2,841
Всего, %	22,21	46,46	8,55	8,9	0,49	11,0	2,39	100

Основность шлака – это в данном случае отношение содержания CaO к содержанию SiO₂: $46,46/22,21=1,81$. И это удовлетворяет всем предъявляемым требованиям к шлаку в период плавки.

Баланс всех составляющих металла в конце периода плавления представлен в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Баланс составляющих металла за период плавления

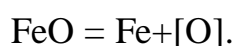
Элемент	Поступило с шихтой, кг	Перешло в шлак, кг	Содержание в металле	
			кг	%
C	0,600	-	0,70	0,709
Si	0,280	0,28	-	-
Mn	0,536	0,188	0,348	0,352
Cr	0,190	0,0095	0,1805	0,183
S	0,094	-	0,094	0,095
P	0,099	0,0297	0,0693	0,07
Fe	97,705	0,1955	97,341	98,59
Сумма	100,000	0,703	98,733	100,000

2.1.3 Период окисления

Для дегазации металла нужен окислительный период. Окисление излишнего содержания углерода и фосфора, частично удаляется сера. Дополнительный нагрев расплава до заданной температуры, которая на 120..130°C превышает температуру плавления стали.

Чтобы удалить остатки фосфора, в ванну присаживают FeO в расчете, что в шлаке будет около 15% оксида железа для поддержания содержания фосфора в металле не выше 0,012...0,020 %. Нужно поддерживать основность в этот период не ниже 2,7...3,0.

По реакции происходит насыщение шлака FeO и :



Кислород взаимодействует с растворенным углеродом в ванне по реакции:



Но при этом выходят пузырьки CO. Поверхность ванны со шлаком вспенивается, следовательно, уровень шлака поднимается гораздо выше порога рабочего окна. Частично шлак удаляется самотеком через рабочее окно печи. Для компенсации этого удаленного шлака, а также для поддержания основности в

плавку, присаживают известь и плавиковый шпат, чтобы тем самым улучшить жидкоподвижность шлаков.

Выделение на поверхность СО благоприятствует исчезновению включений неметаллических. Они поднимаются на поверхность вместе с пузырями газов. Примерная продолжительность окислительного периода 60 ÷ 90 мин.

Для окисления плавку продувают техническим кислородом с чистотой не ниже 99,5 %. И это значительно увеличивает скорость окислительных процессов и увеличивает температуру металла в печи. Окислительный период окончен, когда содержание углерода становится меньше заданного предела, при этом содержание фосфора 0,010% и температура металла - несколько выше, чем температура выпущенной из печи стали. В заключении окислительного периода шлаковое содержимое полностью убирают из печи, путем скачивания с поверхности металла.

В целом, в период окисления необходимо окислить от 0,3 до 0,5% С. Углеродистые ферросплавы ниже по стоимости низкоуглеродистых, поэтому на металлургическом предприятии используют углеродистые ферросплавы. В конце окислительного периода содержание углерода в металле с учетом добавления углеродистых ферросплавов будет соответствовать самому нижнему пределу содержания марки стали или немного отставать от предела.

Расчет окисления углерода. С учетом углерода электродов в конце периода плавания в металле находится С в количестве 0,70 кг.

Но за окислительный период будет происходить также и науглероживание электродами. Примем за исходное, что науглероживание электродами произойдет по той же схеме, что и при плавании. Но с той разницей, что период окисления составит 1/3 от общего времени плавки. Значит, в металле на каждые 100кг дополнительно поступит 0,2 кг углерода, из которых усвоится лишь 75 %. Всего за период окисления необходимо будет окислить $(0,70 + 0,2 \cdot 0,75 : 3) - 0,15 = 0,60$ кг углерода. При окислении образуется только СО. Для этого потребуется $(0,60 \cdot 16) : 12 = 0,8$ кг кислорода O_2 . Количество образовавшегося СО предположительно составит: $0,6 + 0,8 = 1,4$ кг.

Данные вычисления представлены по периоду окисления в таблице 2.10. И при этом, условлено происхождение следующих реакций:

- окисление марганца в количестве 45% от оставшегося в конце периода плавания в стали;
- окисление хрома от поступившего с металлом в количестве 5 %;
- окисление железа в количестве около 0,4 %, но при том около 85 % образует FeO, далее переходит в шлак, а 15 % образует Fe_2O_3 , а затем удаляется с пылью отходящими газами;
- серы будет удалено в количестве около 20 %;
- фосфора окислится - 30 % до P_2O_5 ;

										Лист
										35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2020.213 ПЗ ВКР					

За период плавания израсходуется около двух третей шлаков в печи, и останется треть шлака. К оставшемуся шлаку в окислительный период добавляется порядка 1% на 1 кг металла нового шлака с присадками извести. При необходимости, в виде добавок плавикового шпата и железной руды. В расчетах таблицы 10 указано, что в окислительный период присажена известь 100г на 1кг плавки. И при прокаливании из извести удалится в атмосферу 0,034 кг CO₂.

Таблица 2.10 – Элементы, перешедшие в шлак в период окисления

Источн ик	Элем- ент	Оксид	Перешло в шлак, %	Перешло в шлак, кг	Кислород для окисления, кг	Оксид в шлаке, кг
Шихта	Mn	MnO	45	0,158	0,046	0,204
	Cr	Cr ₂ O ₃	5	0,009	0,00415	0,0131
	Fe	Fe ₂ O ₃	0,2	- (0,197)	0,085	- (0,282*)
	Fe	FeO	0,2	0,197	0,056	0,253
	P	P ₂ O ₅	30	0,021	0,027	0,048
	S		20	0,019	-	-
Известь	CaO	CaO	-	0,088	-	0,088
	SiO ₂	SiO ₂	-	0,002	-	0,002
	P	P ₂ O ₅	-	0,00007	0,00009	0,0002
	MgO	MgO	-	0,0032	-	0,003
	S	-	-	-	-	-
Футе- ровка	MgO	MgO	-	0,184	-	0,184
	SiO ₂	SiO ₂	-	0,0026		0,0026

В шлак из футеровки в период окисления перейдет около 200г на каждые 100 кг шихты.

В таблице 2.11 представлено состав и количество шлака по окончании окислительного периода.

Таблица 2.11 – Количество и состав шлака в конце окислительного периода

Источник	SiO ₂	CaO	MnO	FeO	Cr ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	Всего
Шлак периода плавания	0,210	0,44	0,081	0,084	0,005	0,104	0,023	0,947
Продукты окисления	-	-	0,204	0,253	0,013	-	0,048	0,518
Известь	0,002	0,088	-	-	-	0,003	0,0002	0,093
Футеровка	0,0026	-	-	-	-	0,184	-	0,187
Всего, кг	0,215	0,528	0,285	0,337	0,018	0,291	0,071	1,745

Всего, %	12,32	30,26	16,33	19,31	1,031	16,68	4,07	100
----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-----

Основность: $30,26:12,32 = 2,46$ – полностью удовлетворяет условиям ведения плавки.

При достижении содержания углерода заданному значению окислительный период заканчивается.

Представлен баланс всех составляющих металла в конце периода окисления в таблице 2.12.

Таблица 2.12 – Баланс составляющих металла за период окисления

Элемент	Поступило с шихтой, кг	Перешло в шлак, кг	Содержание в металле	
			кг	%
C	0,700	-	0,15	0,154
Si	0	0	0	0
Mn	0,1805	0,158	0,190	0,195
Cr	0,183	0,009	0,174	0,178
S	0,094	0,019	0,074	0,076
P	0,069	0,048	0,021	0,022
Fe	97,341	0,394	96,947	99,375
Сумма	98,568	0,628	97,556	100,000

2.1.4 Обработка стали в ковше-печи

На металлургическом заводе насыщение углеродом проводят путем продувания отсевками кокса

или измельченного в порошок боя электродов. Применяется глинозем данного состава: Fe_2O_3 от 0,04 до 0,08%, SiO_2 от 0,03 до 0,20%. При прокаливании - потери не более от 1,0 до 1,2%, а остальное – Al_2O_3 .

В таблицах 2.13 и 2.14 указан химический состав материалов, используемых для внепечной, обработки.

Таблица 2.13 – Химический состав ферромарганеца, ферросилиция и алюминия первичного

Материал	Mn	C	Si	S	P	Fe	Al
----------	----	---	----	---	---	----	----

Ферромарганец ФМн 88	по ГОСТ 4755-91	85-95	≥2*	≥3	≥0,02	≥0,4	-	-
	Фактически	88	0,6	2	0,01	0,3	-	-
Ферросилиций ФС75	по ГОСТ 1415-93	≥0,4	≥0,01	74-80	≥0,02	-	-	≥3
	Фактически	0,3	-	78	0,015	-	19,185	2,5
Алюминий первичный А6	по ГОСТ 11069-2001	0,03	-	0,18	-	-	0,25	99,4
	Фактически	0,01	-	0,12	-	-	0,15	99,72

* - По требованию потребителя ферромарганец изготавливают с массовыми долями углерода в марке ФМн90 до 0,1% через 0,1%, в марке ФМн88 до 1,0% через 0,5%.

Возьмем для расчета: глинозем, футеровка ковша, электродный бой – все имеют химический состав, представленный в таблице 2.14.

Таблица 2.14. – Химический состав футеровки, глинозема и электродного боя используемого для расчета

Элемент	Глинозем , %	Электродный бой, %	Футеровка
Fe ₂ O ₃	0,05	-	-
SiO ₂	0,10	0,041	3
Al ₂ O ₃	99,4	-	-
CaO	-	0,132	10
Элемент	Глинозем , %	Электродный бой, %	Футеровка
C	-	99,795	-
MgO	-	0,032	87
Потери при прокаливании	0,6	-	-

2.1.5 Раскисление и легирование

Масса металла увеличивается при обработке, исходя из этого найдем количество ферросплавов, необходимое для присадки металла, чтобы получить заданного состава стали 15, значит, зададим содержание легирующих элементов немного больше, чем средний.

Найдем по формуле содержание присадок:

$$M_{\text{фснл}} = \frac{M_{\text{ж.ст}} \cdot ([C]_{\text{зот.ст}} - [C]_{\text{исх}}) \cdot 100}{[C]_{\text{фснл}} (100 - K_{\text{уг}})}, \quad (1)$$

где $M_{\text{ст.ж}}$ - масса жидкой стали, кг; $[C]_{\text{зот.ст}}$ - количество элемента легирующего в стали, %, $[C]_{\text{исх}}$ - содержание легирующего элемента в ковше перед раскислением, %, $[C]_{\text{фснл}}$ - количество в ферросплаве легирующего элемента, %, $K_{\text{уг}}$ - угар элемента при раскислении, %.

Расход углерода (порошка электродного боя) рассчитывался:

$$M_{\text{C}} = \frac{96,947 \cdot (0,18 - 0,15) \cdot 100}{99,795(100 - 30)} = 0,042 \text{ (кг)} \quad (2)$$

А количество ферросилиция:

$$M_{\text{фSi}} = \frac{96,947 \cdot (0,3 - 0,008) \cdot 100}{78 \cdot (100 - 15)} = 0,427 \text{ (кг)} \quad (3)$$

К примеру, количество ферромарганца:

$$M_{\text{фSi}} = \frac{96,947 \cdot (0,6 - 0,19) \cdot 100}{88 \cdot (100 - 0)} = 0,452 \text{ (кг)} \quad (4)$$

При обработке угар фосфора в установке печь–ковш будет примерно: 70%, алюминия - 30%, науглероживателя – 30%, 15%. Но угар кремния, марганца, железа и хрома не случается при этом.

Присадки, помимо основного легирующего вносят свой вклад (каждая из них), по содержанию легирующих элементов в соответствии с таблицей 2.14.

Расчеты по присадкам представлены в таблице 2.15.

Таблица 2.15. – Легирующие элементы, внесенные каждой присадкой при выпечной обработке

Присадка	Элемент	Содержание, %
ФМн 88	Mn	0,401
	Si	0,008
	C	0,002
	P	0,0004
ФС75	Si	0,334
	Mn	0,0013
	Fe	0,082
А6	Si	0,0009
	P	0,0003
Электродный бой	C	0,056

Для шлака в качестве составного элемента используется смесь извести и глинозема в соотношении 65:35 из расчета 2-3 кг на 100 кг металла. Примем в расчет 20 кг/т. в зоне шлакового пояса при износе футеровки 0,12 кг на 100 кг продукта будет переходить в шлак. Количество и состав шлака по окончании окислительного периода показаны в таблице 2.16.

Таблица 2.16 – Количество и состав шлака в конце окислительного периода

Источник		SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	Всего
Глинозем		0,013	-	0,692	-	-	0,705
Продукты раскисления	ФМн 88	0,05	-		-	-	0,05
	ФС75	0,001	-	0,003	-	0,001	0,006
Известь		0,023	1,145	-	0,042	-	1,21
Футеровка		0,004	0,012	-	0,104	-	0,12
Всего, кг		0,091	1,157	0,695	0,146	0,001	2,09
Всего, %		4,35	55,36	33,25	6,99	0,05	100

2.1.6 Десульфурация

С высокой десульфурующей способностью в системе ковш-печь приводится активный шлак. Также проводится интенсивное перемешивание аргоном. Коэффициент распределения серы между шлаком и металлом достигает 500...1000.

После обработки на печи-ковше количество серы определяется по формуле:

$$[S] = \frac{[S]_0}{\left(1 + L_s \cdot \frac{a}{100}\right)} = 0,018\%, \quad (5)$$

$$L_s = \frac{[S]_0}{[S]}, \quad (6)$$

где L_s – коэффициент распределения серы, $[S]$, $[S]_0$ - содержание серы в стали 15 в исходном и конечном состоянии, количество шлака - в %.

Можно пренебречь на данном этапе серой, вносимой ферросплавами. И тогда итоговое содержание серы в металле точно не превысит

$$[S] = \frac{0,074}{\left(1 + 200 \cdot \frac{2,09}{100}\right)} = 0,014\%, \quad (7)$$

А количество серы в два раза ниже допустимого в ГОСТ содержания. Следовательно, и дополнительной обработки для десульфурации не требуется.

2.1.7 Газообразование

Процесс газообразования рассмотрим при проведении внепечной обработки стали 15. На этом этапе газы образуются при образовании СО и при прокаливании шлаковых материалов, в основном.

При наведении шлака из извести выделяется: $6,8 \cdot 2 \cdot 0,65 / 100 = 0,088$ (кг);

Из глинозема: $0,6 \cdot 2 \cdot 0,35 : 100 = 0,004$ (кг);

При обдувании пылью электродов окисление 30% углерода с образованием СО: $0,056 \cdot 0,3 \cdot 28 : 12 = 0,039$ (кг); окисление 30% углерода, внесенного ферромарганцем $0,454 \cdot 0,3 \cdot 0,6 \cdot 28 : 12 : 100 = 0,002$ (кг)

В итоге количество образованного газа:

$$0,088 + 0,004 + 0,039 + 0,002 \text{ кг} = 0,133 \text{ (кг)}$$

Инертный газ- аргон, используемый для продувки жидкого металла в пещковше, проходит ванну без изменения объема, в расчетах его во внимание не принимаем.

2.1.8 Материальный баланс периода окисления

Составим баланс периода окисления с учетом проведенных выше расчетов. Приведенный баланс – в таблице 2.17 с учетом вклада всех присадок и углеродного порошка, используемых при проведении операции.

Таблица 2.17 – Баланс составляющих металла за окислительный период

Элемент	Содержание до ВПО	Поступило во время ВПО	Перешло в шлак, кг	Перешло в газ, кг	Содержание в металле	
					кг	%
C	0,15	0,042	-	0,018	0,174	0,18
Si	0	0,343	-	-	0,343	0,34
Mn	0,19	0,401	-	-	0,591	0,6
Cr	0,174	-	-	-	0,174	0,18
S	0,074	-	0,060	-	0,014	0,01
P	0,021	0,001	0,001	-	0,021	0,02
Fe	96,947	0,82	-	-	97,767	98,67
Сумма	97,556	1,607	0,601	0,018	99,084	100,000

6. Тепло, уносимое отходящими газами определим по формуле:

$$Q_{12} = V_o * c_{\text{сух}} - T_{\text{ух}} * \tau, \quad (11)$$

где $c_{\text{сух}}$ – средняя теплоемкость уходящих газов, Дж/(м³·К).

V_o – количество газов, уходящих из печи (приведенные к температуре 0°С), м³/ч;

$T_{\text{ух}}$ - температура уходящих газов, К.

Возьмем средний перепад давления между печью атмосферой: на современных печах он составляет 2 Па, а плотность отходящих газов – 1,5 кг/м³. Размеры загрузочного окна из печи – 1,0 х 2,0 м, и температура отходящих газов в среднем за плавку – 1200 °С.

7. Долю неучтенных потерь от суммы расходных статей теплового баланса примем за 0,1.

$$Q_{13} = 0,10 * (Q_{10} + Q_{11})$$

Сведем в единую таблицу 2.19 все полученные данные.

Таблица 2.19 – Схема теплового баланса стали в ДСП 120

Поступление тепла, МДж	Расход тепла, МДж
Электроэнергия, Q_1	На получение продукта (полезное тепло) Q_7
Тепло от горелок Q_2	На шлаки Q_8
Тепло от подогретой шихты Q_3	На разложение извести Q_9
Тепло экзотермических реакций Q_4	На отходящие газы Q_{10}
Тепло от электродов Q_5	Рабочее окно Q_{11}
Поступление тепла, МДж	Расход тепла, МДж
Тепло образующееся при образовании шлака Q_6	Неучтенные потери Q_{12}
	На охлаждающие элементы Q_{13}
Σ	Σ

Таблица 2.20 –Тепловой баланс стали в ДСП 120

Поступление тепла		Расход тепла	
Обозначение	Значение, МДж	Обозначение	Значение, МДж
Q_1	129581	Q_7	65856
Q_2	81	Q_8	35175
Q_3	80192	Q_9	74424
Q_4	62208	Q_{10}	12,8
Q_5	1,4	Q_{11}	62550
Q_6	826	Q_{12}	28915

		Q ₁₃	6256
Σ	272889,4	Σ	273189

Невязка: $272889,4 - 273189 = 299,6$ МДж или

$$\frac{299,6}{273189} * 100\% = 0,11\%$$

Вывод по разделу два

В качестве шихты на предприятии применяются отходы стали Ст40 и отходы инструментальной стали У10. Кроме металлической части шихты, в завалку сверху добавляют известь. При прокаливании в атмосферу печи из извести удалится $0,068 * 1,5 = 0,102$ кг CO₂. При расчетах принято, что в период плавления окисляется до 35% марганца с образованием MnO, хром окислится в количестве около 5% с образованием Cr₂O₃. Железо в период плавления окисляется в количестве примерно 0,4% от вносимого в шихту, из них 50% - оксид Fe₂O₃, который уносится с пылью. Окислительный период заканчивают при достижении содержания углерода заданному значению. В связи с тем, что инертный газ аргон, который, также, используется для продувки жидкого металла в печи-ковше, проходит ванну без изменения объема, в расчетах мы его в расчет не брали. Полученные значения невязки находятся в допустимых пределах.

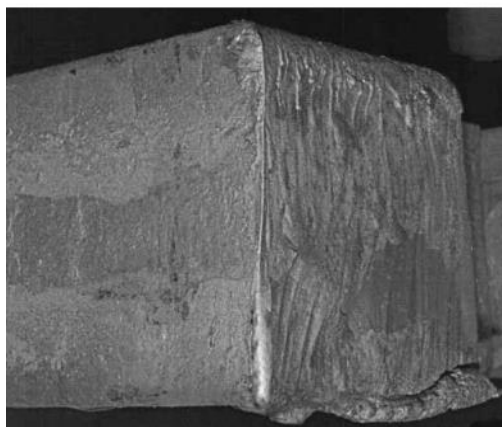


Рисунок 3.2 – Дефект торца – грат [20]

3.2.3 Поверхностные дефекты

Классификация и количественная оценка поверхностных дефектов представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Количественная оценка дефектов поверхности

Название дефекта	Количественная оценка	Единица измерения
1. Трещины продольные и ребровые	Суммарная длина трещин, отнесенная к длине заготовки	мм/м
2. Поперечные трещины	Суммарная длина трещин, отнесенная к длине заготовки	шт/м ²
3. Поперечные угловые трещины	Суммарная длина трещин, отнесенная к длине заготовки	шт/м
4. Сетчатые и паукообразные трещины	Суммарная длина трещин, отнесенная к длине заготовки	шт/м ²
5. Пузырь	Суммарная длина трещин, отнесенная к длине заготовки	шт/м ²
6. Шлаковые включения	Суммарная длина трещин, отнесенная к длине заготовки	шт/м ²

На рисунке 3.3 показана схема расположения основного вида дефекта «трещина» для непрерывнолитой заготовки, встречающихся в практике разлива.

Горячие трещины. Что касается поверхностных трещин, то одними из самых трудных по предотвращению являются горячие трещины, длиной от 0,1 до 1м непрерывной и зигзагообразную формы, которые образуются в области температур кристаллизации. Места присутствия таких трещин - на гранях и ребрах прямоугольных слябов и заготовок. Отличительным признаком горячих

снижения неравномерности температуры по периметру заготовки, а также чтобы избежать переохлаждения поверхности ниже 900 °С оптимизации настройки вторичного охлаждения; обеспечения в разливаемом металле содержания фосфора и серы на уровне не более 0,010 %.

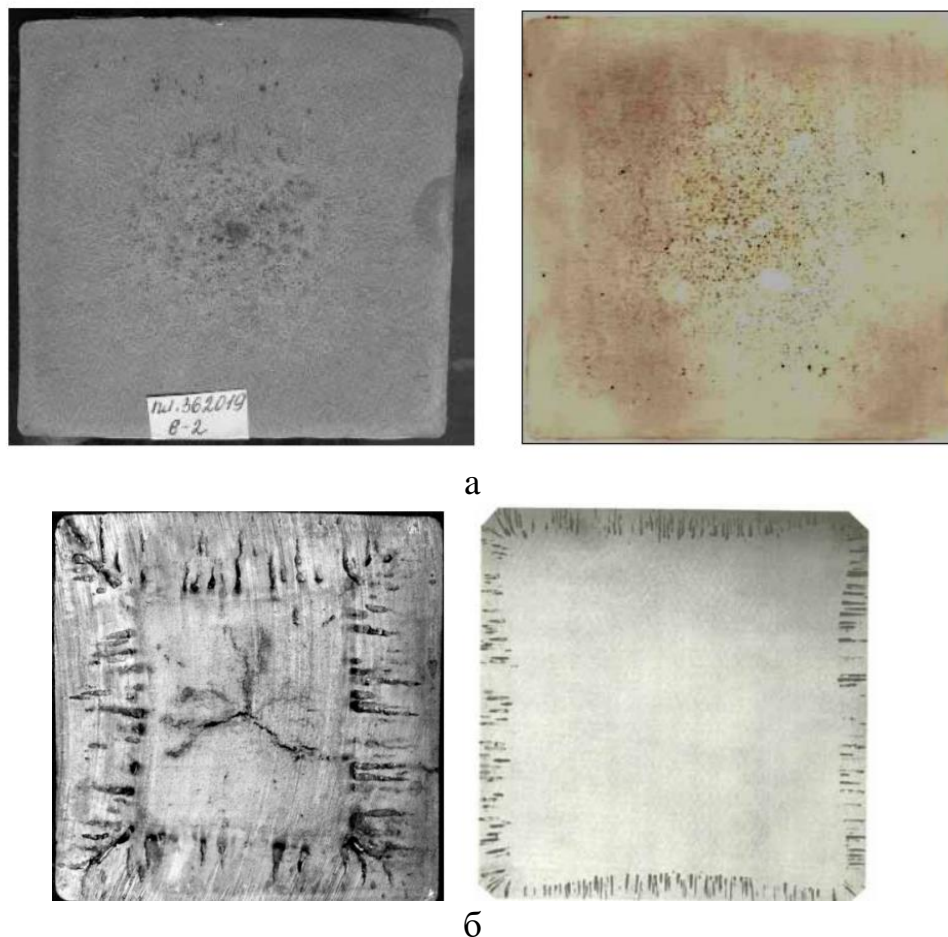


Рисунок 3.5 – внутренние дефекты: а – осевая ликвация, б – газовые пузыри и подкорковые каналы [20].

Вывод по разделу три

Дефекты образуются при затвердевании и на внешней поверхности, и внутри заготовки. Наличие дефектов приводит к высокому проценту брака и повышению стоимости изготовления изделий. Дефекты можно свести к минимуму за счет повышения квалификации персонала, правильного ведения технологического процесса, точной настройки оборудования. Это и следует считать приоритетными направлениями руководства цеха и всего предприятия в целом.

					22.03.02.2020.213 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

4 ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА ПОДОБНОЙ ПРОДУКЦИИ

Зарубежные аналоги стали 15 представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Зарубежные аналоги стали 15 [26]

Страна	Аналоги марки стали 15
США	1015, 1016, 1017, 1018, G10150, G10170, M1015, M1017
Германия	1.0401, 1.1141, C15, C15E, Ck15, Cq15, RSt42-2
Япония	S15, S15C, S15CK, S17C
Франция	C18RR, XC12, XC15, XC18
Англия	040A15, 080M15, C15E
Евросоюз	1.1141, 2C15, C15, C15E2C
Италия	C15, C16
Бельгия	C16-2
Испания	C15E, C15k, C16k, F.1110, F.1511
Китай	15, H15A, ZG200-400
Швеция	1370
Болгария	15
Венгрия	C15
Польша	15
Румыния	OLC15, OLC15AT, OLC15X
Чехия	12020, 12023
Австрия	RC15
Швейцария	Ck15
Юж.Корея	SM15C, SM15CK

Компания «Qatar Steel» в Катаре, которая является одной из наиболее крупных предприятий, из занимающихся выпуском стали на Ближнем Востоке, расширяет сталеплавильную мощность на 30 %, о чем подписан контракт с фирмой «Siemens VAI». Мощность дуговых сталеплавильных печей на данный момент времени в настоящее время составляет 1,47 млн. т/год. Во II кв. 2015 г. проведен запуск данных печей, к 2019 году производство стали доведено до 4 млн т/год. Продукцию компания выпускает в виде заготовок, прутка и катанки.

В Китае компания «Lingyuan Iron & Steel» («Linggang») проводит горячие испытания семиручьевой МНЛЗ. Производительность новой установки МНЛЗ должна составлять 1,2 млн т/год. На установке планируется отливать заготовки стали для холодной высадки, углеродистые и пружинные стали. Заготовки планируется использовать для мелкосортного стана производительностью 500 тыс. т/год.

Запуск новой дуговой сталеплавильной печи производительностью 700 тыс. т/год проведен Малайзийской компанией «Perwaja Steel» провела. Фирма «Concast» в г. Кемаман (Kemaman) занимается строительством 90-тонной печи на заводе «NSC Steelmaking plant», принадлежащем «PerwajaSteel». Также компания занимается модернизацией двух действующих дуговых сталеплавильных печей производительностью 600 тыс. т/год.

В Турции компанией CVS Technologies представлена печь ДСП новой конструкции, (Environmental Preheating and Continuous Charging) с сокращенным названием ЕРС, с подогревом лома, совмещающей преимущества печей, непрерывную загрузку шихты, и, конечно, шахтных печей. Печь действительно оборудована представляющим собой своеобразную нагревательную камеру загрузочным устройством. Она примыкает к стене печи. Загрузочный бункер с толкателем сталкивает лом в нагревательную камеру. Затем лом погружается в печь, электроэнергия при этом не отключается, далее - отведение свода. Предварительный нагрев проводится до температуры 800 °С. Ученые считают, что конструкция позволяет сократить расход электроэнергии на 100 кВт ч/т и увеличить производительность печи почти на 20 %. [28]

Вывод по разделу четыре

Изучен зарубежный опыт производства подобной продукции. В данной главе работы представлены преимущества и недостатки основных зарубежных аналогов стали.

					22.03.02.2020.213 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

5 ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Основной, решающей целью производства любого продукта является получение максимального результата с минимальными вложениями. В работе [29] указаны пути повышения производительности по выплавке стали в ДСП путем применения мероприятий по снижению угара металла, а также по внедрению рациональных энерготехнологических режимов проведения плавки. Указано: качество продувки металла кислородом над зеркалом ванны, значительно ниже по эффективности, чем при продувке через неохлаждаемую трубку. Если погрузить её в расплав, постоянно перемещающейся в плоскости и по направлению к стале-выпускному отверстию. А перемещение трубки в расплаве нужно по двум основаниям при стационарном:

- расположении трубки подачи кислорода часть струи отражается от поверхности ванны и уносится вместе с отходящими газами;
- креплении кислород вводится в одну точку расплава, а это в свою очередь увеличивает количество угара металла по причине выделения теплоты в локальном объеме ванны расплава.

Данный способ проведения плавки успешно и результативно опробован при эксплуатации ДСП-10 в ЭФЛЦ ОАО ММЗ «Серп и молот». Конец трубки, помещенной в металл, на 15–20°, постоянно перемещался в стороны, все в горизонтальной плоскости, прямо по направлению к стале-выпускному отверстию. И тогда результатом подобной работы стало снижение продолжительности обработки металла кислородом, сократилась на 30 %. Повысилась скорость обезуглероживания в 1,35 раза. Выход годной продукции повысился на 2 %, а удельный расход кислорода снизился на 30 % на одну плавку. В целом производительность печи повысилась в среднем на 5 %. Ухудшения качества металла на опытных плавках зафиксировано не было [30]. Авторы предлагают для расширения зоны контакта кислородной струи с металлом несколько вариантов:

- использование устройства, содержащего одну или несколько неохлаждаемых металлических трубок, введенных в ванну металла через отверстия в стенке печи. Для снижения температуры локальных объемов металла в зоне продувки следует перемещать погружные трубки по глубине расплава [31];
- продувка через фурму, введенную под зеркало ванны. Конструкция фурмы содержит внешнюю стальную перфорированную оболочку с отверстиями в горизонтальных сечениях формы [32];
- продувка через фурму, выполненную в виде гребенки или пучка труб, введенную под зеркало ванны с обеспечением непрерывного возвратно-поступательного перемещения сопел в течение всего периода продувки.

Таким образом, для снижения угара, сокращения продолжительности обработки металла кислородом, повышение скорости обезуглероживания, выхода годной продукции, снижения удельного расхода кислорода и повышения

					22.03.02.2020.213 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

производительность печи предлагаю внедрение конструкции фурмы, содержащей внешнюю стальную перфорированную оболочку с отверстиями в горизонтальных сечениях фурмы, расположив ее под зеркало ванны.

Вывод по разделу пять

В данной главе работы указаны основные пути повышения производительности выплавки стали в ДСП, способы использования специальных

мероприятий по снижению угара металла, а также по разработке рациональных энерготехнологических режимов проведения плавки. Доказано, что качество продувки металла кислородом над зеркалом ванны значительно менее эффективно, чем при продувке через неохлаждаемую трубку, если её погрузить в расплав, постоянно перемещающейся в плоскости и по направлению к стале-выпускному отверстию. А перемещение трубки в расплаве нужно по определенным основаниям.

					22.03.02.2020.213 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

- в случае нарушения работником требований охраны труда, при создании угрозы тяжких последствий здоровью и жизни человека – авария, несчастный случай на производстве, и т.п.;

- наличия перерыва в работе более 30 календарных дней, для работ с опасными и вредными условиями, более двух месяцев - для остальных работ;

- при изменении технологического процесса, при замене, при модернизации оборудования, приспособлений и инструмента, и других факторов, влияющих на безопасность труда

Все виды указанного выше инструктажа, а также допуск к самостоятельной работе производятся и оформляются соответствующими записями в личной карточке прохождения обучения по охране труда.

Комиссией цеха под председательством руководителя структурного подразделения не реже одного раза в год проводится периодическая проверка знаний, требований инструкций по охране труда. В случае, если при проверке будет установлено, что проверяемый имеет неудовлетворительные знания, он должен быть подвергнут повторной проверке, не позднее одного месяца. Вопрос о соответствии занимаемой должности лиц, не прошедших проверку знаний по охране труда во второй раз, разрешается только генеральным директором.

Лица, допускающие нарушения правил и инструкций по охране труда, должны подвергаться внеочередной проверке знаний.

Работники должны выполнять только те работы, которые им поручены и которым они обучены.

Работнику при каждом задании производственного характера мастер, бригадир, дающие это задание, обязаны напомнить об условиях выполнения работы, о мерах предосторожности и способах безопасного выполнения данной работы.

Мастер, бригадир, начальник участка должны знать, на каких рабочих местах, на выполнении каких заданий или операций занят работник из подчиненного ему персонала. Работник по окончании выполнения задания обязан доложить об этом своему непосредственному руководителю.

При несчастном случае пострадавший обязан немедленно сообщить об этом своему начальнику (мастеру, бригадиру) и обратиться в здравпункт. Если пострадавший сделать этого не может, то всякий присутствующий обязан незамедлительно это сделать. [9]

6.2 Анализ опасных производственных факторов

К вредным факторам на производстве относят производственные факторы, в определенных условиях, воздействие которых приводит к заболеванию или снижению трудоспособности работника.

К вредным производственным факторам относятся:

- запыленность воздуха в рабочей зоне;

					22.03.02.2020.213 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

- загазованность воздуха в рабочей зоне;
- производственные шум и вибрация.

6.2.1 Запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны

Источниками выделения загрязняющих веществ в электросталеплавильном цехе являются оборудование следующих отделений: электросталеплавильного, подготовки лома, приемных бункеров как в период плавки, так и в процессе завалки в печь шихтовых материалов и во время слива стали в ковш. По причине химических реакций металла с вносимыми материалами взаимодействие струи несущего перемешивающего газа с жидким металлом вызывает пыле-газо-выделение. Происходят утечки таких технологических газов, как природный газ, аргон, азот через неплотности газоподводящих трактов.

По загазованности (Р 2.2.755-99, ГОСТ12.1.005-88 ССБТ) производство относится к классу 2 (допустимый).

По пылевой нагрузке (Р 2.2.755-99, ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ) производство относится к классу 3.1 (вредный).

В данном случае в применяемой технологии в своде отсутствует 4-е отверстие, отсос газов происходит из зоны укрытия конвейера для непрерывной загрузки лома в печь, где также установлены специальные устройства дожига оксида углерода. Здесь весь отсасываемый газ направляется в сборный воздухопровод и на очистку путем тканевых фильтров. Газ зоны завалки шихтовых материалов в печь и из зоны слива стали в ковш, поступает в аэрационный фонарь цеха, и улавливается зонтом, установленным в межфонарном пространстве цеха.

Участки перегрузки сыпучих материалов и ферросплавов снабжены системами дозирования и подачи сыпучих материалов и аспирационными отсосами.

Улавливание, охлаждение и очистка технологических газов от электродуговой печи и механизированной системы загрузки сыпучих материалов производятся централизованной газоочистительной системой, расположенной вне цеха.

Выбросы загрязняющих веществ в виде окислов металлов (марганца, железа, хрома, кальция, и др.) и других газообразных составляющих (оксидов азота, диоксида серы, фторидов, цианидов) концентрацией 20 мг/м^3 поступают в атмосферный воздух через трубу централизованной газоочистки. При этом образующийся в плавке оксид углерода дожигается в электропечи полностью.

К устройствам для нагрева и сушки сталеразливочных ковшей после ремонта снабжены вытяжными зонтами, которые выводятся в атмосферу на высоте около 40 метров в виде оксидов азота, представляющих собой продукты сгорания природного газа.

					22.03.02.2020.213 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Арсентьев, П.П. Экспериментальные работы по теории металлургических процессов: учебное пособие для вузов / П.П.Арсентьев, С.Н. Падерин, Г.В.Серов, и др. – М.: Металлургия, 1989. – 288 с.
- 2 Бернштейн, М.Л. Атлас дефектов стали: справ.пособие / М.Л. Бернштейн. – М.: Металлургия, 2013. – 187 с.
- 3 Бигеев, А.М., Бигеев В.А. Металлургия стали. Теория и технология плавки стали — Магнитогорск, МГТУ, 2000, 543 с.
- 4 Ботников, С. А. Современный атлас дефектов непрерывнолитой заготовки и причины возникновения прорывов кристаллизующейся корочки металла. / С. А. Ботников - Издание второе. Волгоград, 2011. – 97 с.
- 5 Валуев, Д.В. Непрерывная разливка стали и сплавов: учебное пособие / Н.А.Козырев, Р.А.Гизатулин, Д.В. Валуев; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 406с.
- 6 Гуляев, А.П. Металловедение — М: «Металлургия», 1977, 646 с.
- 7 Иванов, В.Н. Словарь-справочник по литейному производству. – М.: Машиностроение, 1990. – 384с.
- 8 Кудрин, В.А. Металлургия стали – М.: Металлургия, 2010, 559 с.
- 9 Кудрин, В.А., Парма В. Технология получения качественной стали.- М.: Металлургия, 2014, 320 с.
- 10 Исследование возможности повышения производительности дуговой сталеплавильной печи за счет рациональной продувки металла кислородом / М.В. Шишимиров, М.П. Галкин, В.И. Савченко и др. // Сталь. – 2006. – № 1. – С. 31–32.
- 11 Лахтин, Ю.М. Материаловедение / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. – М.: Машиностроение, 1980. – 496 с.
- 12 Леви, Л. И. Основы теории металлургических процессов и технология плавки литейных сплавов : учеб. для студентов вузов Л. И. Леви, Л. М. Мариенбах. – Москва : Машиностроение, 1970. – 211 с.
- 13 Линчевский, Б. В. Металлургия чёрных металлов: учебник / Б.В. Линчевский, А.Л. Соболевский, А.А. Кальменев. – М.: 2012. – 303 с.
- 14 Лопухов, Г.А. Плавка стали в дуговой печи Consteel с использованием жидкого чугуна в шихте: учебное пособие / Г.А. Лопухов. – М.: Электрометаллургия. – 2012. – 442 с.
- 15 Металлургия стали. Теория и технология плавки стали / Бигеев, А.М., Бигеев В.А. Учебник для вузов, 3-е изд. переработанное и дополненное. Магнитогорск: МГТУ, 2000. – 544 с.

					22.03.02.2020.012 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

доступа: <http://metallichekiy-portal.ru>, свободный – (03.05.2020)

31 Шелухина, Ю.М. Исследование внеосевой ликвационной неоднородности в крупных кузнечных слитках и поковках. Дисс. канд. техн. наук. Волгоград. 2009. – 135 с.

32 Юсфин, Ю. С. Metallургия железа Текст учеб. для вузов по направлению "Metallургия" Ю. С. Юсфин, Н. Ф. Пашков. - М.: Академкнига, 2007. – 464 с.

					22.03.02.2020.213 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67