

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

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

Технология производства на МНЛЗ стальной непрерывно литой  
заготовки с профилем сечения 200x200

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ-22.03.02.2019.537.00.00 ПЗ ВКР

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

Руководитель проекта  
доцент, к.т.н.  
Ердаков И.Н.  
«\_\_»\_\_\_\_\_2019г.

Автор проекта  
студент группы  
ПЗ-537  
Г.А. Бахарев  
«\_\_»\_\_\_\_\_2019г.

## АННОТАЦИЯ

Бахарев Г. А. Технология производства на МНЛЗ стальной непрерывной заготовки с профилем сечения 200x200. – Челябинск: ЮУрГУ, ПЗ – 537, 2019, 77 с., 14 ил., библиогр. список – 11 наим., 3 листа чертежей ф. А1, 2 плаката.

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке технологии производства на МНЛЗ стальной блюмы с профилем сечения 200x200.

Выбрано оборудование, необходимое для производства, описана технология производства сплава.

В специальной части приведены особенности использования агрегата «ковш-печь». Также рассмотрены вопросы охраны труда и техники безопасности.

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Технология производства на МНЛЗ стальной непрерывной заготовки с профилем сечения 200x200</i>	<i>Лит.</i>	<i>Листов</i>	<i>Лист</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Бахарев Г.А.</i>					<i>В</i>	<i>77</i>	<i>3</i>
<i>Провер.</i>	<i>Ердаков И.Н.</i>					<i>ЮУрГУ кафедра ЛП</i>		
<i>Т.конт.</i>								
<i>Н.конт.</i>								
<i>Утв.</i>								

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 СРАВНЕНИЕ МНЛЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ.....	7
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	13
2.1 Материал отливки 09Г2С.....	13
2.2 Технология и оборудование для выплавки стали.....	17
2.3 Внепечная обработка стали.....	24
2.4 Непрерывная разливка стали.....	24
2.5 Дефекты поверхности непрерывнолитых заготовок.....	27
2.6 Технические характеристики МНЛЗ.....	32
2.7 Параметры жидкого металла.....	35
2.8 Продолжительность затвердевания НЛЗ.....	37
2.9 Скорость вытягивания заготовки.....	38
2.10 Параметры качания кристаллизатора.....	42
2.11 Скорость разливки и диаметр каналов сталеразливочных стаканов.....	44
2.12 Параметры настройки кристаллизатора и системы вторичного охлаждения.....	46
2.13 Охлаждение кристаллизатора.....	48
3 ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АГРЕГАТА «КОВШ-ПЕЧЬ».....	54
3.1 Общие сведения.....	54
3.2 Основные узлы АКП.....	58
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	64
4.1 Порядок инструктирования и обучения охране труда и промышленной безопасности.....	64
4.2 Спецодежда и защитные приспособления.....	65
4.3 Санитарно-гигиенические требования.....	67
4.4 Требования охраны труда перед началом работы.....	68
4.5 Требования охраны труда во время работы.....	69
4.6 Требования пожарной безопасности в производственных цехах, мастерских и других производственных помещениях.....	71
4.7 Требования безопасности при работе на механизмах.....	72
4.8 Требования безопасности при работе с газами.....	73
4.9 Требования безопасности при перемещении грузов с помощью подъемных сооружений.....	75
4.10 Требования охраны труда по окончании работы.....	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	76
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	77

## ВВЕДЕНИЕ

Непрерывно литая заготовка необходима для получения длинномерного проката и паковок, которые затем используют в различных отраслях машиностроения. Блюмовые машины непрерывного литья могут существенно отличаться по требованиям, предъявляемым к качеству продукции и производительности.

На блюмовых машинах непрерывного литья обеспечивают получение заготовки прямоугольного или квадратного сечения с минимальным размером стороны свыше 140 мм. Соотношение между сторонами, как правило, не превышает 1:1,5. Мировое производство крупных и средних заготовок прямоугольного, квадратного, круглого и фасонного (балки) сечений оценивается на уровне 210...220 млн. т в год. В мире насчитывалось примерно 330...340 машин непрерывной разливки заготовок квадратного сечения.

Средняя производительность одного ручья для блюмовой МНЛЗ составляет примерно 125...130 тыс. т стали в год.

Учитывая высокие требования машиностроителей, многие металлургические предприятия акцентируют внимание на качестве блюмовой заготовки.

Современные блюмовые МНЛЗ можно условно классифицировать по следующим признакам:

- по назначению (для разливки рядовых и качественных сталей общего назначения, для разливки высококачественных сталей, для разливки сталей специального назначения);
- по конструкции (вертикальная, вертикальная с загибом после затвердевания, радиальная, криволинейная);
- по сечению заготовки (квадрат или прямоугольник сечением 200...280 мм; блюм большого сечения с минимальным размером стороны 300 мм; круглая заготовка диаметром более 200 мм, фасонная заготовка типа «собачья кость»);
- по числу ручьев (одноручьевые, двухручевые и многоручьевые – 3 – 6 ручьев).

На рисунке 1 представлена схема МНЛЗ для разливки фасонной заготовки.

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		5

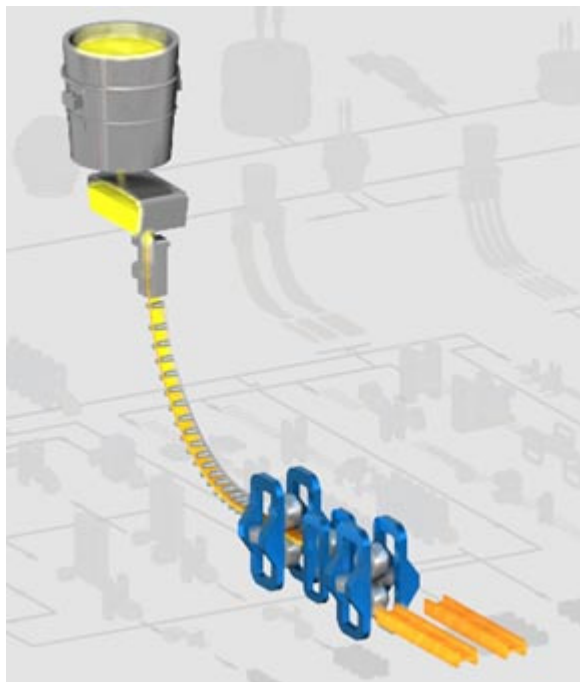


Рисунок 1 – Схема МНЛЗ для разливки фасонной заготовки (слева) и расположение кристаллизаторов для разливки фасонной заготовки на 6-ти ручьевой МНЛЗ (справа)

## 1 СРАВНЕНИЕ МНЛЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Предприятия черной металлургии России и других стран СНГ являются одними из крупнейших поставщиков сортовой заготовки и длинномерного проката на мировой рынок, динамика развития которого характеризуется заметным повышением конкуренции и требований к качеству продукции. В последние два десятилетия наблюдается значительный прогресс в конструкционном оснащении и технологическом оформлении машин непрерывного литья сортовых заготовок. Это позволило адаптировать процесс непрерывного литья к различным технологическим построениям и видам продукции, которые в максимальной степени учитывают конъюнктуру рынка.

За это время номинальная производительность типовых сортовых МНЛЗ возросла, по крайней мере, в 2...2,5 раза. Это создало предпосылки для расширения сортамента разливаемых марок стали, снижения удельных затрат на разливку и сокращения обслуживающей инфраструктуры. При этом объем капитальных вложений при строительстве МНЛЗ возрос в значительно меньшей степени, чем ее производительность, что обеспечивает уменьшение реальных инвестиций на тонну разливаемой стали.

В стандартах большинства стран мира под сортовой заготовкой (billet) подразумевается квадратная (или близкая к квадрату) заготовка, полученная при разливке на МНЛЗ или путем прокатки из слитка на блюминге. Кроме того, к сортовым заготовкам относится круглая заготовка (round) и специальные фасонные профили.

Конкуренция на мировом рынке сортовой заготовки непрерывно ужесточается, что является неизбежным следствием быстрого наращивания производственных мощностей в КНР и Индии, а также появлением большого количества металлургических мини-заводов во многих развивающихся странах. Достаточно отметить, что только за последнее десятилетие производство непрерывнолитой сортовой заготовки было освоено более чем на двух десятках металлургических заводов СНГ.

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		7

С другой стороны, обострение конкуренции на мировом рынке сортовой заготовки стимулирует процесс совершенствования системы стандартов, регламентирующей качество металлопродукции.

Непрерывная разливка заготовок характеризуется следующими технико-экономическими преимуществами по сравнению с производством заготовок из слитков:

- значительно сокращается расход металла на тонну готовой продукции (с 12...25 до 3...5 %) в результате уменьшения отходов донной и головной частей слитков;
- улучшаются условия труда в разливочном пролете, поскольку отпадает выполнение тяжелых работ по подготовке изложниц к разливке, раздеванию слитков и др. Процесс подготовки и разливки на машинах непрерывной литья заготовок (МНЛЗ) является механизированным и в значительной степени автоматизированным вплоть до резки и уборки заготовок;
- при непрерывной разливке стали уменьшаются капитальные и эксплуатационные затраты в связи с отсутствием надобности в обжимных станах;
- механизация и автоматизация процесса на МНЛЗ обеспечивает постоянство условий производства и повышение производительности труда примерно на 20...25 % по сравнению с цехами, где сталь разливают в слитки.

В связи с этими преимуществами непрерывная разливка стали интенсивно развивается и внедряется во всех странах мира.

Наибольшее распространение получили машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) вертикального типа. Преимущества таких МНЛЗ заключаются в том, что все процессы формирования заготовки происходят в вертикальной плоскости (так же, как и у слитка). Это обеспечивает получение высокого качества внутренней структуры заготовки и упрощает конструкцию машины в целом.

Общий вид МНЛЗ представлен на рисунке 2.

Между тем вертикальные МНЛЗ имеют достаточно серьезные ограничения по скорости разливки (а, следовательно, производительности), поскольку ее

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		8

повышение предполагает увеличение технологической длины машины и существенное удорожание оборудования.

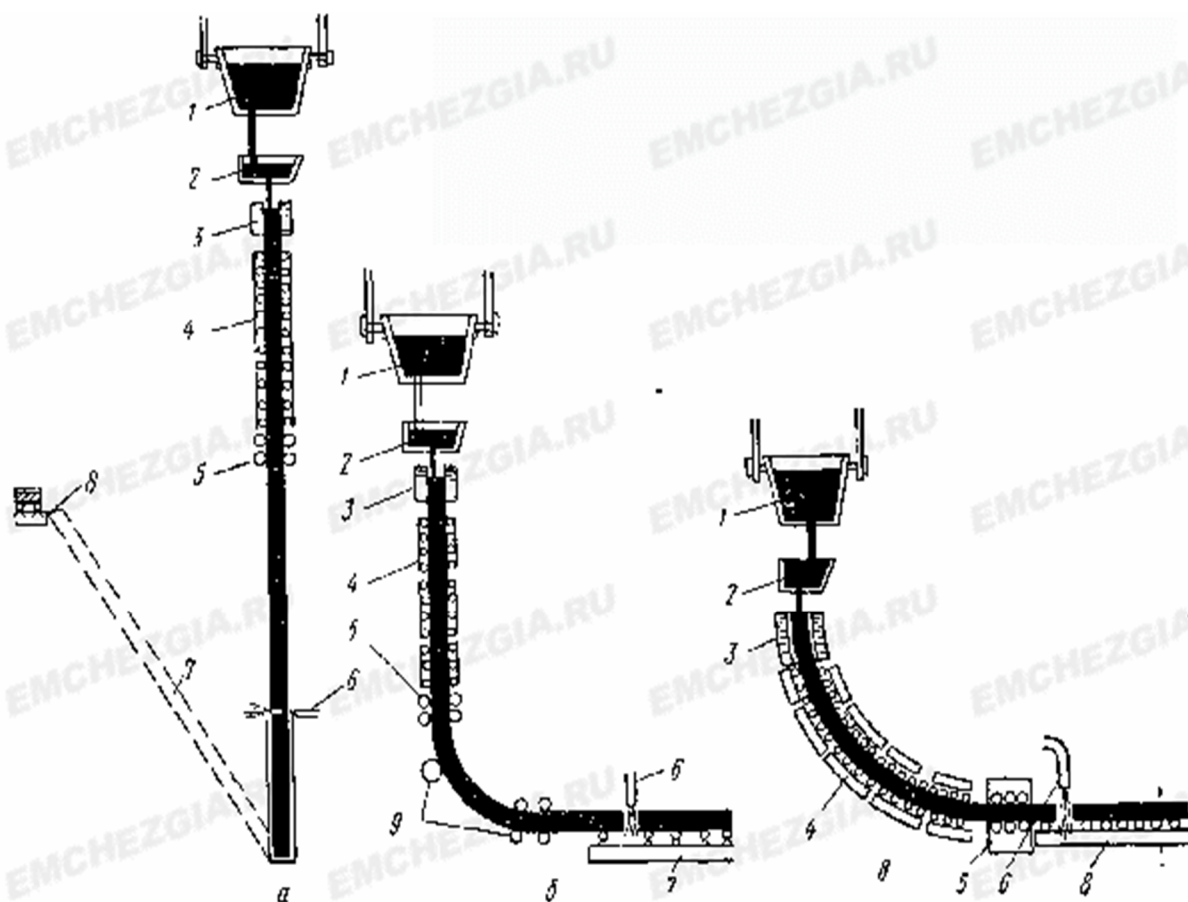


Рисунок 2 – Машина непрерывного литья заготовок (МНЛЗ):

а – вертикальная; б – с изгибом слитка; в – радиальная;

1 – сталеразливочный ковш; 2 – промежуточный ковш; 3 – кристаллизатор;  
4 – зона вторичного охлаждения; 5 – тянущие валки; 6 – автоматический резак;  
7 – подъемник; 8 – рольганг; 9 – изгибающий механизм

Однако развитие кислородно-конвертерного процесса, бурно происходившее именно в 60-е и 70-е годы прошлого века, обусловило существенное увеличение удельной производительности конвертеров как за счет уменьшения цикла плавки, так и за счет повышения ее массы. Поэтому развитие конструкции МНЛЗ в этот период характеризуется стремлением повысить их производительность за счет увеличения скорости разливки и количества ручьев. Это обусловило тот факт, что более поздние конструкции вертикальных МНЛЗ предусматривали загиб заготовки



после ее затвердевания и порезку заготовки при ее расположении в горизонтальной плоскости. Загиб заготовки при этом осуществлялся как по односточной, так и по многоточечной схемам. Существенным преимуществом таких машин является улучшение условий выдачи заготовки на холодильник. В настоящее время вертикальные МНЛЗ используются довольно редко и в основном для получения высококачественного блюма и сляба.

В 70-е и 80-е годы прошлого столетия наибольшее распространение при разливке стали получили МНЛЗ радиального типа. Конструктивной особенностью таких машин является наличие кристаллизатора определенного радиуса (соответствует базовому радиусу МНЛЗ  $R_0$ ), что обеспечивает получение радиальной технологической линии. После затвердевания заготовки осуществляется ее разгиб и выдача готовой заготовки на холодильник в горизонтальной плоскости.

Типы кристаллизаторов МНЛЗ. Кристаллизатор служит для обеспечения начальной кристаллизации и формирования слитка стали. Наибольшее распространение получили сборные кристаллизаторы, состоящие из попарно скрепленных винтами стальных 3 и медных 2 (внутренних) пластин (см. рисунок 2). По зазору 4 между пластинами протекает охлаждающая вода. Толщина медных пластин кристаллизатора обычно составляет 12...20 мм, однако применяют и более тонкие пластины толщиной 5...6 мм.

Иногда применяют кристаллизаторы МНЛЗ из цельного литого или кованого медного блока с толщиной стенки 150...175 мм, в которой просверливают отверстия для обеспечения водяного охлаждения.

В последние полтора десятилетия в металлургии резко обозначилась тенденция использования многоручьевых сортовых МНЛЗ с высокой скоростью разливки, что позволяет получать заготовку в сталеплавильных цехах с плавильными агрегатами высокой единичной производительности

При разливке сталей рядового качества производители стремятся в максимальной степени реализовать стратегию минимизации издержек, что предполагает, в том числе, и разливку стали открытой струей. Совместно с

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>10</i>

технологией разливки сверхдлинными сериями это позволяет уменьшить удельные затраты только на огнеупоры примерно в 2...3 раза. Разливка стали закрытой струей применяется при литье качественных и специальных марок сталей, склонных к вторичному окислению (например, раскисленных алюминием), и осуществляется с помощью защитной трубы между сталеразливочным ковшом и промковшом, а также погружных стаканов между промковшом и кристаллизатором. При этом наиболее сложным для практической реализации представляется расположение погружного стакана в полости кристаллизатора малого сечения с регламентируемым зазором между стаканом и стенками кристаллизатора.

В целом мировому развитию и тотальному применению метода непрерывной разлики сортовой заготовки способствовали следующие основные достижения:

- усовершенствование основных конструктивных элементов МНЛЗ и улучшение их функциональных параметров;
- применение гидроприводов для обеспечения возвратно-поступательного движения кристаллизатора;
- внедрение комплексной системы автоматизации процесса разлики в совокупности с широким применением аппаратов для контроля отдельных параметров работы машины в течение всего цикла разлики;
- освоение технологии непрерывной разлики сортовой заготовки с использованием защиты стали от вторичного окисления и электромагнитного перемешивания металла в кристаллизаторе;
- кардинальное повышение качества непрерывнолитой заготовки за счет обработки стали в промковше, использования метода мягкого обжатия заготовки с жидкой сердцевиной, автоматизации процесса разлики и оптимизации химического состава, а также эксплуатационных показателей расходуемых и огнеупорных материалов;
- повышение выхода годного за счет увеличения серийности разлики, снижения отходов стали при отрезании головной и концевой частей непрерывнолитой

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		11

сортовой заготовки, а также уменьшения отходов металла с остатком в промковше, выводимом из эксплуатации;

- повышение производительности МНЛЗ до уровня блюмовых за счет увеличения числа ручьев (до 6...8) при повышении скорости вытяжки заготовки до 5...6 м/мин;
- создание и конструктивное оформление концепции универсальных высокоэффективных технологических модулей (мини-заводов), объединяющих высокопроизводительный плавильный агрегат (мощную дуговую сталеплавильную печь), агрегат для комплексной доводки стали в ковше («ковш-печь») и высокопроизводительную многоручьевую МНЛЗ [1].

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		12

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Блюм (от англ. bloom, также блюмс, блум, обжатая болванка) – полупродукт металлургического производства – стальная заготовка сечения, близкого к квадратному, со стороной свыше 140 мм. Блюм получается из слитков прокаткой на блюминге или, с 1960-х годов, из жидкого металла на машинах непрерывного литья. Дальнейшая переработка блюмов производится прокаткой.

Эскиз блюма 200х200 представлен на рисунке 3.

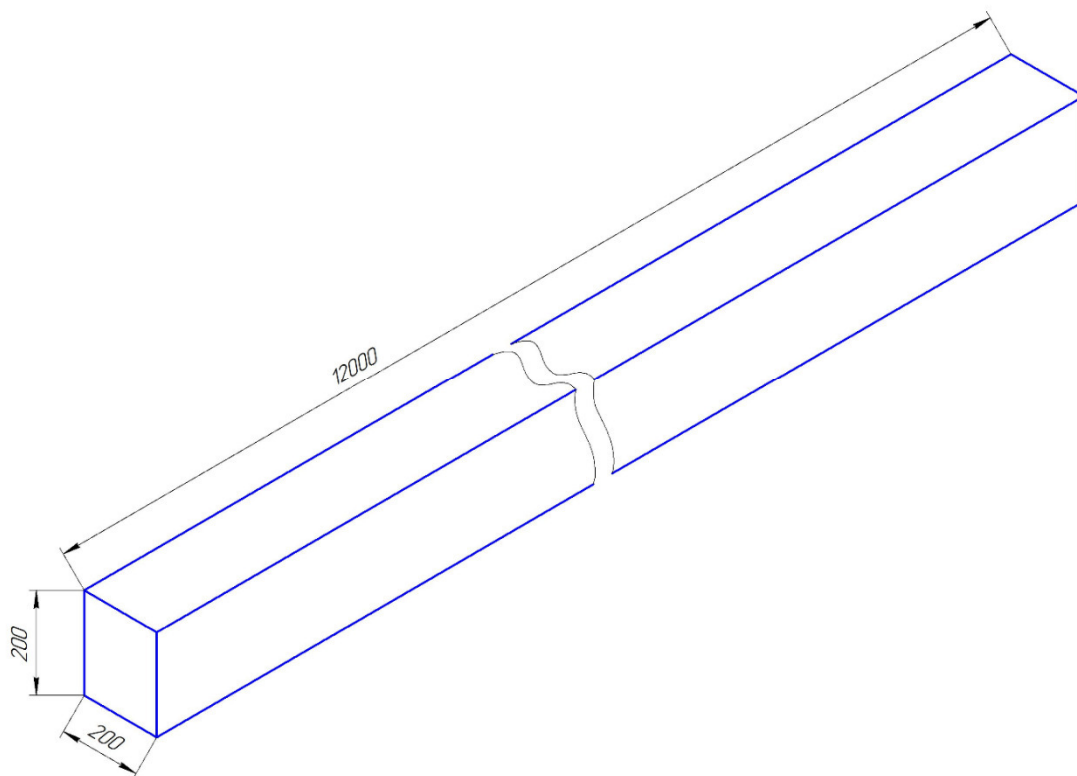


Рисунок 3 – Эскиз блюма 200х200

### 2.1 Материал отливки 09Г2С

Сталь марки 09Г2С (отечественные аналоги 09Г2, 09Г2ДТ, 09Г2Т, 10Г2С).

Класс: Сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций, марка стали 09Г2С широко применяется при производстве труб и другого металлопроката.

					22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

Использование в промышленности: различные детали и элементы сварных металлоконструкций, работающих при температуре от -70 до +425 °С под давлением.

Вид поставки: сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 19281-73, ГОСТ 2590-2006, ГОСТ 2591-2006, ГОСТ 8239-89, ГОСТ 8240-97. Лист толстый ГОСТ 19282-73, ГОСТ 5520-79, ГОСТ 5521-93, ГОСТ 19903-74. Лист тонкий ГОСТ 17066-94, ГОСТ 19904-90. Полоса ГОСТ 103-2006, ГОСТ 82-70. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133-71.

Расшифровка марки 09Г2С: Обозначение 09Г2С означает, что в стали присутствует 0,09 % углерода, поскольку 09 идет до букв, далее следует буква «Г» которая означает марганец, а цифра 2 – процентное содержание до 2 % марганца. Далее следует буква «С», которая означает кремний, но поскольку после С цифры нет – это означает содержание кремния менее 1 %. Таким образом, расшифровка 09Г2С означает, что перед нами сталь имеющая 0,09 % углерода, до 2 % марганца, и менее 1 % кремния и поскольку общее кол-во добавок колеблется в районе 2,5 % то это низколегированная сталь.

Химический состав стали 09Г2С, %: С: до 0,12; Si: 0,5...0,8; Mn: 1,3...0,7; Ni: до 0,3; S: до 0,04; P: до 0,035; Cr: до 0,3; N: до 0,008; Cu: до 0,3; As: до 0,08; Fe: 96...97.

Свойства:

- удельный вес 09Г2С: 7,85 г/см<sup>3</sup>;
- температура критических точек, °С:  $A_{c1} = 725$ ,  $A_{c3}(A_{cm}) = 860$ ,  $A_{r3}(A_{rcm}) = 780$ ,  $A_{r1} = 625$ ;
- свариваемость материала: без ограничений;
- способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС;
- флокеночувствительность: не чувствительна;
- склонность к отпускной хрупкости: не склонна;
- температура ковки, °С: начала 1250, конца 850;

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		14

- обрабатываемость резанием: в нормализованном отпущенном состоянии  $\delta_B=520$  МПа,  $K_{\nu \text{ б.ст}}=1,0$   $K_{\nu \text{ тв. спл}}=1,6$ ;
- предел текучести  $\sigma_{0,2}$  МПа (по ГОСТ 5520-79 ) при разных температурах: 250 °С=225 МПа, 300 С=195 МПа, 350 С=175 МПа, 400 С=155 МПа [2].

В таблице 1 представлены механические свойства стали 09Г2С.

Таблица 1 – Механические свойства стали 09Г2С

Механические свойства стали 09Г2С при T=20°C					
ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	$\sigma_B$ (МПа)	$\delta_5$ (%)
19281-73	Сортовой и фасонный прокат	до 10	345	490	21
19282-73	Листы и полосы (Образцы поперечные)	от 10 до 20 вкл.	325	470	21
		от 20 до 32 вкл.	305	460	21
		от 32 до 60 вкл.	285	450	21
		от 60 до 80 вкл.	275	440	21
		от 80 до 160 вкл.	265	430	21
19282-73	Листы после закалки, отпуска (Образцы поперечные)	от 10 до 32 вкл.	365	490	19
		от 32 до 60 вкл.	315	450	21
17066-80	Листы горячекатаные	2...3,9		490	17

Маркировка стали 09Г2С говорит о ее химических составляющих. ГОСТ 5058-65 оговаривает следующие буквенные обозначения для легирующих добавок, входящих в состав сплава:

- «Г» – марганец;
- «С» – кремний.

Первая цифра означает содержание углерода в процентах. Цифры после букв, соответствующих легирующим добавкам – их процентное количество в данной марке стали. Исходя из всего вышесказанного можно расшифровать сталь 09Г2с по ГОСТ как сплав, содержащий 0,09 % углерода, 2 % марганца и кремний, количество которого не превышает 1 %.

Сталь 09Г2С относится к низколегированным сталям, общее количество легирующих добавок в которых не превышает 2,5 % (в отличие от высоколегированных, где этот показатель свыше 10 %). Заменить сталь 09Г2С можно следующими марками: 09Г2, 09Г2ДТ, 09Г2Т, 10Г2С, а также 19Мн-6.

						<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>			

Основное предназначение этой стали – использование ее для сварных конструкций. Сварка возможна как при подогреве до 100...120 °С, с последующей термической обработкой, так и без подогрева и обработки. Хорошая свариваемость стали обеспечивается благодаря низкому (меньше 0,25 %) содержанию углерода. Если углерода больше, то в сварном шве могут образовываться микропоры при выгорании углерода и возникать закалочные структуры, что ухудшает качество шва. Еще одно достоинство этой марки состоит в том, что сталь 09Г2С не склонна к отпускной хрупкости, то есть ее вязкость не снижается после процедуры отпуска. Она также устойчива к перегреву и образованию трещин.

При сварке листов 09Г2С, толщина которых не превышает 40 мм, применяют способ без разделки кромок. Прочность по всей длине сварного шва обеспечивается переходом легирующих элементов в металл шва из электрода. При многослойной сварке лучше применять каскадный метод с использованием токов 40...50 А на 1 мм электрода, для предупреждения перегрева стали. Рекомендуемая толщина электрода – 4...5 мм. При сварке более толстых листов лучше использовать многослойную сварку с небольшими временными промежутками перед наложением следующих слоев. При дуговой сварке кромок с разной толщиной большую часть дуги нужно направлять на более толстую кромку и параметры тока выбирать по ней же. Для того, чтобы устранить закалку и повысить твердость шва следует нагреть изделие до 650 °С, выдержать при этой температуре (время выдержки зависит от толщины материала, в среднем дается 1 час на каждые 25 мм толщины). После этой процедуры изделие нужно охладить на воздухе или в горячей воде.

Широкое распространение и популярность стали 09Г2С объясняется тем, что ее высокие механические свойства позволяют экономить при изготовлении строительных конструкций. Более того, такие конструкции имеют меньший вес. Области применения этой марки стали весьма разнообразны. Из нее изготавливаются элементы и детали сварных металлических конструкций, которые могут работать при температурах от -70 °С до +450 °С. Используется 09Г2С лист и для производства листовых конструкций в нефтяной и химической

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		16

промышленности, судостроении и машиностроении. После закалки и отпуска из этого сплава можно изготавливать детали трубопроводной арматуры. Устойчивость к низким температурам позволяет применять трубу 09Г2С в условиях крайнего севера для прокладки нефте- и газопроводов.

## 2.2 Технология и оборудование для выплавки стали

Дуговые плавильные печи применяют для выплавки стали в сталелитейных цехах. Сталеплавильные печи являются агрегатами с зависимой дугой, в которых электрический разряд происходит между электродами и металлической шихтой. Самые распространенные в настоящее время являются трехфазные печи, работающие на переменном токе (ДСП). Дуговая электроплавка с точки зрения организации металлургического процесса обладает следующими преимуществами:

- высокая температура перегрева металла – до 1700 °С;
- легкий ввод тугоплавких легирующих элементов;
- возможность выплавки стали любых марок;
- возможность проведения активной обработки расплава для рафинирования;
- возможность проводить металлургические процессы в соответствии с заданным качеством стали.

Печи типа ДСП обладают сложной конструкцией, включающими не только футерованное рабочее пространство, заключенное в прочный каркас, но и целый комплекс механизмов, обеспечивающих функционирование печи на всех стадиях металлургического процесса.

Схема компоновки каркаса печи и обслуживающих работу печи механизмов приведена на рисунке 4.

Каркас печи – несущая конструкция, которая необходима для размещения футеровки и крепления механизмов. Все нагрузки от установки свода, температурного расширения кирпичной кладки, массы шихты и жидкого металла, а также от работы механизмов печи воспринимаются именно каркасом, поэтому каркас изготавливают сварным из толстолистовой стали, упрочняя его ребрами

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		17



жесткости. На каркас устанавливают съемный свод, кладка которого опирается на сводовое кольцо. Полое сводовое кольцо охлаждается водой. Через свод в рабочее пространство вводятся электроды. Для обслуживания печи во время работы в передней стенке предусмотрено рабочее окно. Через рабочее окно производят осаживание шихты при плавлении и скачивание шлака. Для слива жидкого металла служит желоб. Каркас печи изнутри футерован огнеупорным кирпичем.

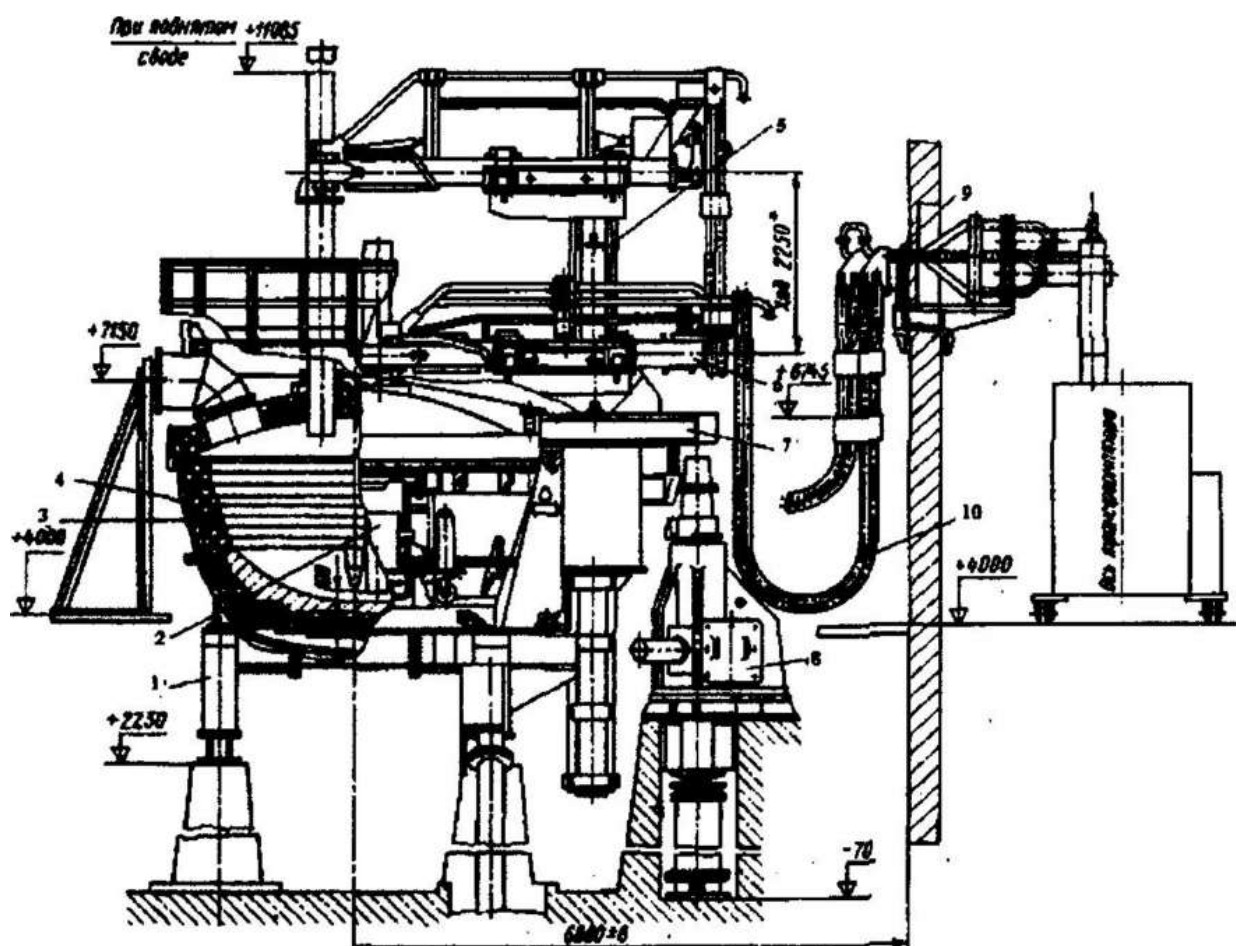


Рисунок 4 – Конструкция дуговой печи ДСП – 100

1 – механизм наклона; 2 – дверца рабочего окна; 3 – футеровка; 4 – каркас; 5 – стойка; 6 – электрододержатель; 7 – траверса; 8 – механизмы подъема и поворота свода; 9 – шлангопровод; 10 – кабельная гирлянда

Рабочее пространство и ванна для жидкого металла печи ограждены кладкой (футеровкой) стен и пода, сверху закрыты сводом. Футеровка бывает и кислой, и

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ

лист

18

основной. Кислая футеровка стен и пода выкладывается динасовым кирпичом, кладка свода также выполняется динасовым кирпичом. Набивку пода (несколько уплотненных слоев небольшой толщины), служащую для предохранения кирпичной кладки пода, выполняют трамбованием смеси кварцевого песка с жидким стеклом. Основная футеровка стен и кладки пода осуществляется магнезитовым кирпичом, свод же для повышения стойкости выкладывают хромомагнезитовым или магнезитохромитовым кирпичом. Набивку пода выполняют смесью магнезитового порошка с каменноугольной смолой.

Электрический ток внутрь рабочего пространства к металлу поступает по электродам. В печах, работающих на переменном трехфазном токе, имеются три электрода, для ввода которых в своде предусмотрены отверстия, расположенные под углом  $120^\circ$ . На крупных печах применяются графитированные электроды, изготовленные из искусственного графита. При горении дуг электроды обгорают. Восстановление электрода осуществляется навинчиванием нового электрода на «огарок» через промежуточный графитовый стержень с крупной нарезкой (ниппель).

В процессе оплавления шихты и обгорания электродов они опускаются вниз. В моменты короткого замыкания между шихтой и электродами их необходимо быстро поднимать. Для управления перемещением электродов служит специальный механизм [3].

Подъем и опускание электродов в процессе плавки производится через установленный на печь свод. При завалке шихты рабочее пространство печи требует открытия, то есть снять свод. Поэтому электроды предварительно выводят из рабочего пространства и поднимают над сводом. Управление перемещением свода осуществляют специальным механизмом. Механизм последовательно выполняет две операции: приподнимает свод на 250...300 мм над печью, затем поворотом на  $90...100^\circ$  отводит его в сторону. Свод при помощи цепей подвешен к portalу поворотного механизма, выполненному в виде двух Г - образных стоек, связанных поперечной балкой. Перемещение цепей и свода обеспечивает

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		19

электропривод. Портал и привод установлены на поворотной тумбе. Для слива металла через желоб печь на сегментах наклоняют гидроцилиндром

Шихта непосредственно перед загрузкой в бадью должна быть проверена на взрывобезопасность. Шихта состоит из металлической части, науглероживателей, окислителей, легирующих элементов, раскислителей, а также шлакообразующих.

Металлическая часть шихты:

- лом стальной углеродистый, чистый от окалины, земли, песка, эмалей, соответствующий по химическому составу и другим требованиям маркам 1А-2А ГОСТ 2787, то есть не должен быть горелым, проржавленным, разъеденным кислотами; не допускается наличие в нем лома и отходов цветных металлов, легированного лома и отходов; размеры куска для марки 1 А не более 300х200х150 мм, для марки 2А не более 600х350х250 мм;
- чугун передельный марок ПЛ1, ПЛ2, ГОСТ 805-95;
- лом стальной, легированный по ГОСТ 2787-86;
- возврат собственного производства, соответствующий по химическому составу выплавляемой марки стали.

Науглероживатели:

- электродный бой, раздробленный до размеров не более 40 мм в поперечном сечении (огарки графитированных электродов) по ТУ 1911-109-73-2000А;
- кокс металлургический.

Окислители:

- железорудные окатыши по ТУ 14-9-311-81;
- стружка стальная марки 16А по ГОСТ 2787-86.

Легирующие элементы:

- никель марки Н1 по ГОСТ 849-97;
- ферросилиций марки ФС45-2 по ГОСТ 1415-93;
- ферромарганец марки ФМн78 по ГОСТ 4755-91.

Раскислители:

- алюминий кусковой вторичный марки АВ91 по ГОСТ 295-98;

					22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		20

- ферросилиций марки ФС65 по ГОСТ 1415-93.

Шлакообразующие:

- известняк флюсовый по ТУ 14-1-491;
- плавиковый шпат металлургический марки ФК-85 по ГОСТ 29220-91.

Все кусковые ферросплавы перед присадкой в печь или в ковш следует прокаливать при температуре 800...1000 °С в течение не менее часов (исключается высокое содержание водорода в выплавленной стали).

Все основные шихтовые материалы по качеству должны отвечать требованиям соответствующих ГОСТ и действующих заводских технических условий.

Все шлакообразующие материалы должны быть прокалены перед плавкой при температуре 600...800 °С.

Шихтовые материалы должны быть сухими, их влажность не должна превышать 5 %.

После выпуска металла подина печи и летка очищаются от остатков металла и шлака железным гребком. Очистку печи производить с максимально возможной скоростью.

Заправка подины и откосов производится магнезитовым (периклазвым) песком. Сначала необходимо заправить откосы, затем подину печи. Не допускается расходование излишнего количества магнезитового порошка во избежание зарастания подины и уменьшения объема ванны.

Завалка шихты производится немедленно после заправки печи. В нижнюю часть завалочной бадьи рекомендуется загрузить чушки чугуна, мелкие и средние по размерам и массе куски лома, в среднюю часть – самые крупные куски лома и собственные отходы (литники, прибыли), в верхнюю часть – мелкие куски лома и стружку. Перед завалкой металлический части шихты на подину при необходимости забросить науглероживатели.

Магнитная часть шихты подается в загрузочной бадье, а немагнитная – в коробке.

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		21

При загрузке шихты расстояние между днищем бадьи (краем коробки) и верхним уровнем стен печи не должно превышать одного метра. В период завалки и перед включением печи необходимо осмотреть состояние охлаждающих устройств (путем полного открывания вентиляей), механизмов печи, электрической аппаратуры и электродов.

Длина электродов должна быть достаточной для проведения всей плавки.

После окончания завалки наступает период плавления шихты. Электроды опустить вниз и включить ток. Первые 9...15 минут печь должна работать на пониженной мощности. После погружения электрических дуг в шихту печь включить на полную мощность.

Для ускорения плавления, во избежание прорыва жидкого металла, срыва подины и поломки электродов, не допускать зависания шихты на откосах. После проплавления 50 % шихты и освобождения рабочего окна в печь загрузить известняк в количестве 4 % от массы заваленной металлической шихты. При большом количестве в шихте собственных отходов, загрязненных формовочной смесью, количество загружаемого известняка допускается увеличить.

После полного расплавления шихты (отсутствие нерасплавившихся кусков лома на подине проверяется железным гребком) шлак периода плавления скачать деревянным гребком на 75 %, взять пробу металла для определения его состава.

При содержании углерода, недостаточном для интенсивного проведения окислительного периода ("кипа"), произвести науглероживание присадкой кокса или электродного боя.

Окислительный период имеет цель удалить в возможно большем количестве газы (водород и азот) и неметаллические включения (фосфор), уравнять химический состав, нагреть металл до температуры, которая в дальнейшем обеспечит необходимую температуру выпуска.

В начале окислительного периода в печь присадить известняк (1 % от массы шихты). Затем на нагретый металл присаживать небольшими порциями твердые окислители (железорудные окатыши) и известняк.

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		22

После закипания ванны разрешается слить шлак из печи самотёком. Длительность окислительного периода 30...40 минут. В течение всего периода шлак постоянно обновляется за счет присадки твердых окислителей, известняка и схода печного окисленного шлака из печи самотёком. В течение окислительного периода должно быть окислено не менее 0,30 % углерода. В конце окислительного периода температура металла на плавках низко- и среднеуглеродистых сталей должна быть не ниже 1600...1610 °С. После получения требуемой температуры и необходимого с учетом последующей доводки (легирования и раскисления металла) содержания углерода, шлак-окислитель полностью скачать из печи (до чистого зеркала металла) деревянными гребками.

После скачивания шлака-окислителя выполнить отбор второй пробы металла на химический анализ для определения содержания углерода в металле.

Восстановительный период имеет цель удалить кислород из ванны печи, находящийся в виде различных соединений, снизить содержание серы, довести химический состав до заданного. После окончания окислительного периода в ванну ввести ферромарганец куском на среднее содержание марганца в готовой стали, 45 % кусковой ферросилиций на 0,15 % содержания кремния в стали без учета угара и кусковой алюминий на металлической штанге – 1 кг/т стали.

Далее в печь загрузить шлаковую смесь для образования рафинировочного шлака восстановительного периода. Количество рафинировочного шлака – 2...2,5 % от массы металла. Состав шлака: известняк, шамотный бой, кварцит, флюоритовый концентрат в соотношении 10:1:1:1. Вместо со шлаковой смесью ввести феррохром для легирования на среднее содержание хрома в стали. После этого начинается раскисление шлака.

Состав шлака перед выпуском плавки: 50...55 % CaO, 20...23 % SiO<sub>2</sub>, менее 1 % FeO, не более 10 % MgO. Проба шлака, отобранная перед выпуском плавки должна после остывания рассыпаться в белый порошок.

Легирование металла кремнием производить за 15 минут до выпуска плавки. После растворения ферросилиция в печи, металл выдерживается и тщательно перемешивается. Затем отбирается третья проба на химический анализ

					22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		23

Доводку стали по содержанию легирующих элементов производить за 5...10 минут до выпуска [4].

### 2.3 Внепечная обработка стали

Для внепечной обработки расплава применяется агрегат ковш-печь. Характеристики, схема и принцип работы агрегата более подробно рассмотрены в специальной части проекта.

### 2.4 Непрерывная разливка стали

Способ непрерывной разливки заключается в том, что жидкую сталь заливают в интенсивно охлаждаемую сквозную форму – кристаллизатор. Частично затвердевший слиток непрерывно протягивают через него и дополнительно охлаждают в так называемой зоне вторичного охлаждения. В результате в процессе непрерывной заливки металла и его затвердевания образуется непрерывный слиток. Агрегаты для разливки стали этим методом называют машинами непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) или установками непрерывной разливки стали (УНРС). При использовании МНЛЗ сталь из сталеразливочного ковша поступает в промежуточный ковш, а из него в кристаллизатор. В кристаллизаторе образуется оболочка, заполненная жидкой сталью по форме и сечению, отвечающему готовой заготовке. Частично затвердевшая заготовка с помощью транспортирующей системы – тянущей клетки поступает в зону вторичного охлаждения, где происходит полное затвердевание заготовок. Затвердевший слиток режется на мерные длины и готовые заготовки и с помощью рольганга или других транспортных средств направляются в прокатный цех или на склад.

Зона вторичного охлаждения представляет собой рольганг с системой водяных форсунок. Периодическое вытягивание слитка заменяет качание кристаллизатора, используемое на вертикальных и криволинейных машинах для предотвращения зависания и разрывов корки слитка в кристаллизаторе. За

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		24

механизмом вытягивания расположена газорезка и рольганг с приводными роликами.

В машинах для отливки слитков квадратного или близкого к квадрату прямоугольного сечения опорные устройства расположены со всех четырех сторон слитка; при отливке плоских слитков – вдоль двух широких граней слитка. Для удобства замены при ремонтах группы соседних верхних и нижних роликов объединены в отдельные секции, где в общем каркасе смонтировано от 2 до 7 пар роликов. В связи с тем, что по мере увеличения толщины затвердевающей корки жесткость слитка возрастает, диаметр роликов по мере отдаления от кристаллизатора увеличивается. Так при отливке слитков толщиной 300 мм диаметр роликов от 150...200 мм у кристаллизатора возрастает до 480...600 мм на горизонтальном участке.

Устройство для резки слитка на куски определенной длины (заготовки) устанавливаются в конце технологической линии МНЛЗ на ее горизонтальном (вертикальном) участке. Обычно применяются газокислородные резаки или гидравлические ножницы. Вне зависимости от способа резания, устройство снабжено механизмом передвижения, позволяющим осуществлять резку в процессе движения слитка.

МНЛЗ оборудуют поворотными стендами, которые обеспечивают подачу ковшей с металлом к машине, взвешивание и установку ковша со скоростями, позволяющими вести разливку методом «плавка на плавку». По конструкции и принципу работы сталеразливочные стенды делятся на два типа – мостовые и поворотные. Все они рассчитаны на установку двух ковшей. Наиболее современный подъемно-поворотный стенд имеет располагаемую на основании 1, поворотную платформу 2, на которую через ось 6 опирается консоль 7. В подвесках 4 консоли можно установить два ковша, вертикальное перемещение ковша достигают качанием консоли, при этом тяга 3 обеспечивает плоскопараллельное движение подвесок и ковшей.

Стенд подъемно-поворотный представлен на рисунке 5.

					22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		25





внутренней поверхности стенок кристаллизатора тонким слоем смазки (солидолом, парафиновой, графитовой смазкой) [5].

## 2.5 Дефекты поверхности непрерывнолитых заготовок

Основными дефектами поверхности непрерывнолитой заготовки являются: продольные трещины (по углам и граням); поперечные трещины; пояса; завороты корки; заливины; шлаковые включения; газовые пузыри.

Продольные поверхностные трещины представляют собой нарушения сплошности в виде разрывов металла. Образование трещин в непрерывнолитом слитке обусловлено внутренними напряжениями, которые возникают в процессе его формирования, и обусловлено пониженной прочностью и пластичностью в различных температурных интервалах.

Поверхностные продольные трещины, связанные с искажением профиля слитка, являются результатом повышенной ромбичности заготовок, ужимин на поверхности или выпучивания граней НЛЗ. Трещины данного вида распространяются изнутри заготовки вдоль диагонали между тупыми углами. Обычно такая трещина сворачивает в сторону от диагонали непосредственно перед углом и появляется на поверхности около угла, где корка слитка наиболее тонкая.

Этот дефект заготовки при его грубом развитии может привести к прорыву металла при нахождении слитка в ЗВО.

Продольные трещины, не связанные с искажением профиля непрерывнолитой заготовки, могут иметь вид от коротких нитевидных (иногда не видимых без зачистки поверхности) до грубых со значительной шириной раскрытия. Такие трещины могут располагаться непосредственно по углам, а также на некотором смещении от углов или по граням заготовок (рисунок 6).

На образование продольных трещин определенное влияние оказывает величина углового радиуса (сопряжения) гильз кристаллизаторов. Считается, что при угловом радиусе гильз выше оптимального на заготовках могут появляться

					22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		27

трещины по вершинам углов, при пониженном угловом радиусе – околоугловые трещины.



а)



б)

Рисунок 6 – Продольные поверхностные трещины: околоугловая (а) и посередине широкой грани блюда (б)

Поперечные поверхностные трещины располагаются по углам или граням непрерывнолитой заготовки в поперечном направлении, то есть, перпендикулярно направлению разливки металла (рисунок 7). Поперечные трещины могут располагаться посередине граней, а также в углах заготовки.



а)



б)



в)



г)



д)



е)

Рисунок 7 – Поперечные поверхностные трещины на грани сортовой заготовки (а, б) и блюда (в, г), а также на угловых участках (д, е)

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ

лист

28

Основными причинами возникновения поперечных трещин являются избыточная конусность или деформация рабочей поверхности кристаллизатора, недостаточное количество смазки или ШОС в кристаллизаторе, отклонения в центровке кристаллизатора относительно технологической оси ручья, отклонения при возвратно-поступательном движении кристаллизатора от рабочей траектории и т.п. Все это вызывает увеличение сил трения между слитком и рабочей поверхностью кристаллизатора.

Одним из основных факторов, определяющих возможность образования поперечных трещин на поверхности заготовок, является настройка режима качания кристаллизатора.

Отклонения в работе механизма качания (люфты, биения), могут привести к изменению параметров, влияющих на формирование твердой корочки, стать причиной ее подвисания в кристаллизаторе или разрыва сплошности оболочки. При образовании поперечных трещин в кристаллизаторе возможно образование наплывов металла, что значительно ухудшает качество поверхности непрерывнолитой заготовки и требует ее зачистки.

Еще одной причиной образования поперечных трещин может явиться операция разгиба заготовки в случае, если она переохлаждена ниже области горячей пластической деформации.

Пояс является грубым технологическим дефектом, который легко идентифицируется на поверхности заготовки. Он охватывает практически весь периметр слитка (рисунок 8).

Пояса, как правило, образуются из-за перерыва в подаче металла в кристаллизатор, либо при чрезмерно резком понижении скорости разливки, особенно при низкой температуре стали. При этом верхний край затвердевшей корки по всему периметру кристаллизатора окисляется и при возобновлении разливки в этом месте образуется пояс. Пояс является слабым местом в слитке, так как одновременно с окислением по контуру затвердевшей корки слитка происходит и окисление мениска. Грубые пояса, как правило, не поддаются

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>29</i>

зачистке и их вырезают из слитка, что обуславливает дополнительные потери металла.

Заливины образуются в результате попадания жидкого металла в зазор между корочкой слитка и стенкой кристаллизатора, образующийся вследствие искривления мениска в области их соприкосновения (рисунок 9).

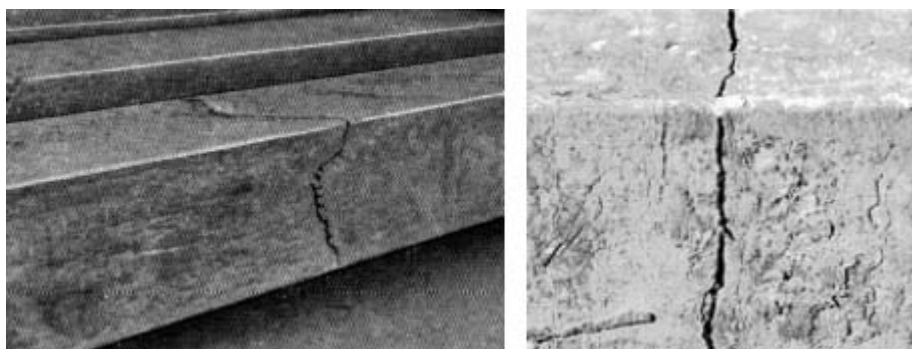
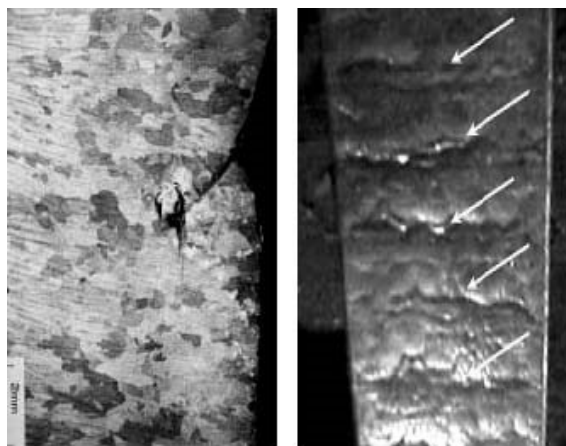


Рисунок 8 – Пояс на поверхности заготовки



а)

б)



в)

Рисунок 9 – Продольное сечение образца заготовки в месте расположения заливны (а) и ее фото на поверхности заготовок (б, в)

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ

лист

30

Образование заливин наиболее вероятно при перерывах в подаче металла в кристаллизатор, недостаточной или неравномерной смазке стенок кристаллизатора, значительных колебаниях уровня металла в нем, разливке металла с пониженной скоростью и температурой и т.п. Заливины образуются также в случае прорыва оболочки слитка.

В целом для предупреждения таких дефектов как пояса, завороты корочки слитка, заливины необходимо предотвращать затягивание дозирующих узлов промежуточных ковшей, минимизировать амплитуду колебаний уровня металла в кристаллизаторе, оптимизировать режимы работы смазки его рабочей поверхности, обеспечивать стабильность скорости разливки и пр.

Шлаковые включения. Шлаковые включения, встречающиеся на поверхности НЛЗ и проникающие внутрь металла, являются многофазными, преимущественно силикатного характера. В сортовых заготовках крупные шлаковые включения чаще встречаются в районе ребер.

Шлаковые включения на поверхности непрерывнолитых заготовок появляются вследствие размыва огнеупоров ковшей, затягивания шлака из промежуточного ковша и с зеркала кристаллизатора, всплытия в кристаллизаторе продуктов раскисления стали, колебаний уровня металла и т.п.

Для углеродистых сталей, раскисленных преимущественно кремнием и марганцем, существенную роль играет величина отношения марганца к кремнию. При низком отношении  $Mn/Si$ , образующийся шлак располагается на зеркале металла в кристаллизаторе и загрязняет поверхность заготовки. При повышенном отношении  $Mn/Si$  в стали вынос шлака на поверхность металла в кристаллизаторе затруднен, и шлак может быть обнаружен в качестве макроскопических оксидных включений внутри слитка. На практике рекомендуется поддерживать отношение марганца к кремнию в стали на уровне 3,0...3,5.

Значительное количество шлаковых включений на мениске металла в кристаллизаторе может привести к массовым прорывам твердой оболочки заготовки в зоне вторичного охлаждения под кристаллизатором.

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		31

Основные меры, позволяющие снизить загрязненность непрерывнолитого слитка шлаковыми включениями заключаются в следующем: соблюдение заданных режимов раскисления стали; соблюдение температурных режимов; применение эрозионно стойких огнеупорных материалов; поддержание постоянного уровня металла в промковше и кристаллизаторе; правильный подбор ШОС и равномерная подача ее в кристаллизатор [6].

Поверхностные пузыри представляют собой весьма характерный дефект в виде единичных или групповых пор, пустот округлой или вытянутой формы (рисунок 10).

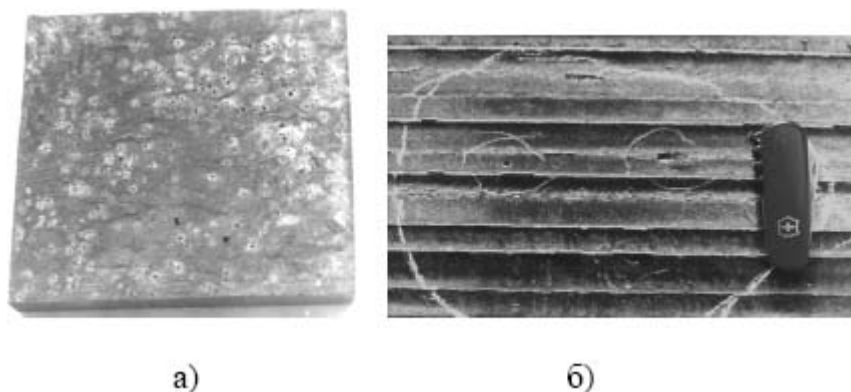


Рисунок 10 – Пузыри и поры на поверхности непрерывнолитой сортовой заготовки (а) и блюма (б)

## 2.6 Технические характеристики МНЛЗ

В цехе установлена одноручьевая МНЛЗ с вертикальным кристаллизатором с плавным загибом и разгибом непрерывного слитка, без защитного покрытия медных стенок.

Краткие технические характеристики МНЛЗ приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Краткие технические характеристики МНЛЗ

Параметр	Техническая характеристика
Металлургическая длина (от мениска металла в кристаллизаторе до последнего ролика), мм	16945,4
в том числе:	
- вертикального участка	2485,0

Продолжение таблицы 2

Параметр	Техническая характеристика
- участка загиба	1604,8
- дугового участка	6563,6
- участка разгиба	3536,0
Базовый радиус дугового участка, мм	6000,0
Размеры отливаемых блюмов, мм	
- толщина	170...250 мм
- ширина	От 1030 до 1550
- длина	От 3200 до 12000
Диапазон скоростей разливки, м/мин	От 0,2 до 1,3
Рабочая скорость разливки, м/мин	От 0,5 до 1,1
Скорость разливки, обеспечиваемая механизмами,	От 0,2 до 2,0
Параметры качания кристаллизатора:	
- амплитуда качания, мм	+3; + 4,5; + 6,0
- частота качания, кач/мин	От 40 до 200
Длина кристаллизатора, мм	1200
Масса металла в стальковше на ППС, т:	
- максимальная	110
- оптимальная	100
Масса металла в промковше, т:	
- максимальная	18,4
- оптимальная	От 13,0 до 14,0
Высота подъема стальковша на пьемно-поворотном стенде (ППС), мм	900
Высота подъема промковша на тележке, мм	510
Отметка разливочной площадки, мм	+10130
Отметка полотна рольгангов, мм	+80
Шаг роликов транспортных рольгангов, мм	10
Транспортная скорость рольгангов, м/с	0,5

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ

лист

33



Продолжение таблице 2

Параметр	Техническая характеристика
Максимальное усилие резания ножниц, т	3700
Система охлаждения:	
Кристаллизатор - вода с петлевым охлаждением	
- расход воды на кристаллизатор, м <sup>3</sup> /ч	От 310 до 330
- температура воды на входе в кристаллизатор, °С	до 35
- перепад выход-вход, °С	не более 12
Система вторичного охлаждения (ЗВО)	вода+воздух, вода
Расход воды, м <sup>3</sup> /ч:	
минимальный	24,12
максимальный	85,4
Рабочее давление, МПа	0.9
Температура воды, °С	до 35
Рабочее давление воздуха, МПа	0,4
Система охлаждения оборудования	вода
Рабочее давление воды, МПа	0,6
Рабочая температура воды, °С	до 35
Расход воды, м <sup>3</sup> /ч	240
Из них:	
- ролики ЗВО	133
- ролики рольгангов	20
- корпуса подшипников средних опор	80
- короб МГР	2,0
Продолжительность расходования воды, мин:	
- на охлаждение кристаллизатора	30
- на охлаждения слитка	30
- на охлаждение оборудования	90
- рабочее давление, МПа	0,4

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ

лист

34

Продолжение таблицы 2

Параметр	Техническая характеристика
Длина зоны вторичного охлаждения, мм:	
- 1 зона	1035
- 2 зона	2070
- 3 зона	2320
- «подбой»	120
Среднее время подготовки МНЛЗ к работе, мин	60

### 2.7 Параметры жидкого металла

Действующие стандарты, определяющие требования к химическому составу металла, допускают довольно высокое содержание вредных примесей – серы и фосфора (обычно до 0,040...0,050 %). Непрерывная разливка металла с повышенным содержанием вредных примесей сопряжена с рядом трудностей. Повышенное содержание серы требует снижения скорости разливки. В противном случае НЛЗ оказываются пораженными различными дефектами (чаще всего поверхностными и внутренними трещинами). Кроме того, при разливке такого металла возможно возникновение аварийных ситуаций, связанных с прорывами затвердевшей корки.

Обычно верхний предел содержания серы и фосфора в стали, разливаемой на МНЛЗ, устанавливается в интервале от 0,015 до 0,025 %. Температура разливаемого металла оказывает существенное влияние, как на технологию непрерывной разливки, так и на качество получаемой заготовки. Наилучшие результаты получаются в том случае, когда металл в промежуточном и сталеразливочном ковшах имеет оптимальный перегрев над температурой ликвидус, поэтому температура стали в промежуточном и сталеразливочном ковшах определяется по формулам:

$$t_{\text{пр.к}} = t_{\text{ликв}} + \Delta t_{\text{пр.к}}, \quad (1)$$

$$t_{\text{ст.к}} = t_{\text{пр.к}} + \Delta t_{\text{ст.к}},$$

где  $t_{\text{пр.к}}$  – температура металла в промежуточном ковше, °С;

$t_{\text{ст.к}}$  – температура металла в сталеразливочном ковше, °С;

$t_{\text{ликв}}$  – температура ликвидус, °С;

$\Delta t_{\text{пр.к}}$  – перегрев металла в промежуточном ковше над  $t_{\text{ликв}}$ , °С;

$\Delta t_{\text{ст.к}}$  – перегрев металла в сталеразливочном ковше над  $t_{\text{пр.к}}$ , °С.

Температуру ликвидус стали рекомендуется определять в зависимости от ее химического состава по формуле:

$$t_{\text{ликв}} = 1539 - \sum_{i=1}^n [E]_i \cdot \Delta t_{E_i}^{\text{ликв}}, \quad (2)$$

где 1539 – температура затвердевания чистого железа, °С;

$[E]_i$  – среднее содержание растворенного элемента в стали, %;

$\Delta t_{E_i}^{\text{ликв}}$  – величина снижения температуры затвердевания железа при введении в него 1 % соответствующего элемента, °С.

Состав стали принимается из справочной литературы по заданной марке стали. Данные о влиянии некоторых легирующих на температуру плавления стали ( $\Delta t_{E_i}^{\text{ликв}}$ ) представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Снижение температуры ликвидус ( $\Delta t_{E_i}^{\text{ликв}}$ ) при введении в сталь 1 % элементов [7]

Элемент $E_i$	$\Delta t_{E_i}^{\text{ликв}}$ , °С	Элемент $E_i$	$\Delta t_{E_i}^{\text{ликв}}$ , °С
Углерод	73	Хром	1
Кислород	65	Молибден	3
Сера	30	Вольфрам	1
Кремний	12	Алюминий	3
Марганец	3	Ванадий	2
Фосфор	28	Титан	18
Медь	7	Кобальт	1,8
Никель	3,5		

$$t_{\text{ликв}} = 1539 - (0,12 \cdot 73 + 0,6 \cdot 12 + 1,5 \cdot 3 + 0,02 \cdot 30 + 0,02 \cdot 28 + 0,3 \cdot 1 + 0,3 \cdot 7) = 1539 - 24 = 1515 \text{ } ^\circ\text{С}.$$

Перегрев металла над температурой ликвидус в промежуточном ковше ( $\Delta t_{\text{пр.к}}$ ) определяется в основном продолжительностью разливки плавки и способом подачи металла в кристаллизатор. В зависимости от условий разливки величина оптимального перегрева изменяется от 15...25 °С при разливке плавки закрытой струей в течение до одного часа, до 30...40 °С при разливке плавки открытой струей в течение более одного часа. В большинстве случаев на современных МНЛЗ применяется подача металла в кристаллизатор закрытой струей, а продолжительность разливки плавки не превышает 60 минут, поэтому оптимальный перегрев металла над температурой ликвидус в промежуточном ковше следует выбирать из диапазона 15...30 °С

Температура металла в сталеразливочном ковше должна быть минимальной, но обеспечивать заданный температурный уровень металла в промковше на протяжении разливки всей плавки с учетом теплотерь. Оптимальный перегрев металла в сталеразливочном ковше над температурой в промковше ( $t_{\text{ст.к}}$ ) составляет 40...50 °С, поэтому, обычно, температура металла в сталеразливочном ковше на 70...80 °С превышает температуру ликвидус стали.

$$t_{\text{пр.к}} = 1515 + 30 = 1545 \text{ } ^\circ\text{C} .$$

$$t_{\text{ст.к}} = 1545 + 70 = 1615 \text{ } ^\circ\text{C} .$$

## 2.8 Продолжительность затвердевания НЛЗ

Главными факторами, определяющими продолжительность затвердевания НЛЗ, являются размеры ее поперечного сечения: толщина  $a$  и ширина  $b$ . С достаточной точностью продолжительность затвердевания заготовки можно определить по формуле:

$$\tau_3 = K_\phi \cdot \left( \frac{a}{2 \cdot k} \right)^2, \quad (3)$$

где  $a$  – толщина заготовки, мм;

$\tau_3$  – продолжительность затвердевания, мин;

$K_\phi$  – коэффициент формы поперечного сечения заготовки;

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>37</i>

$k$  – коэффициент затвердевания, мм/мин<sup>1/2</sup>.

Численное значение коэффициента формы  $K_f$  принимается следующим образом:

$$K_f = 1, \text{ если } b/a \geq 2,$$

$$K_f = 0,5 + 0,25 \cdot \text{если } b/a < 2.$$

Величину коэффициента затвердевания  $k$  рекомендуется принимать в пределах 24...28 мм/мин<sup>1/2</sup> для всех марок спокойной стали (с увеличением величины перегрева металла в промежуточном ковше коэффициент затвердевания уменьшается: от 27...28 мм/мин<sup>1/2</sup> при перегреве  $\Delta t_{\text{пр.к}} = 15...20$  °С, до 24...25 мм/мин<sup>1/2</sup> при перегреве  $\Delta t_{\text{пр.к}} = 30...40$  °С).

$$\tau_3 = 0,5 \cdot \left( \frac{200}{2 \cdot 26} \right)^2 = 7,4 \text{ мин.}$$

## 2.9 Скорость вытягивания заготовки

Установление скоростного режима заключается в определении диапазона допустимых скоростей вытягивания заготовки и рабочей скорости вытягивания.

Рабочая скорость вытягивания НЛЗ определяется индивидуально для каждой МНЛЗ, сечения заготовки и марки разливаемой стали, что связано с особенностями кристаллизации различных марок сталей и особенностями формирования поверхности слитка.

В качестве рабочей принимается такая скорость вытягивания, при которой обеспечивается сочетание высокого качества заготовки с достаточно высокой производительностью МНЛЗ. Обычно рабочая скорость вытягивания назначается с учетом многих факторов: марки стали, размеров поперечного сечения отливаемой заготовки, температуры металла в промежуточном ковше, содержания в стали вредных примесей и др. Если температура разливаемого металла и содержание вредных примесей в ней соответствуют требованиям, то рабочая скорость вытягивания может быть рассчитана по формуле [8].

					22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		38

$$v_p = k_v \cdot \frac{a + b}{a \cdot b}, \quad (4)$$

где  $v_p$  – рабочая скорость вытягивания заготовки, м/мин;

$k_v$  – коэффициент скорости вытягивания, м<sup>2</sup>/мин;

$a, b$  – толщина и ширина заготовки, м.

Значения коэффициента скорости вытягивания  $k_v$  для блюмовых заготовок (толщиной более 200 мм) приведены в таблице 4. Так как нормативных значений, ограничивающих скорость вытягивания блюмовых и сортовых заготовок нет, то она принимается равной расчетной.

Таблица 4 – Значения коэффициента скорости вытягивания  $k_v$  для блюмовых заготовок

Марка стали, назначение	$k_v$
Сталь углеродистая обыкновенного качества	0,14
Сталь углеродистая и низколегированная конструкционная; для судостроения, котлостроения, мостостроения и трубная	0,13
Сталь углеродистая конструкционная кипящая	0,11
Сталь легированная и конструкционная. Сталь высоколегированная и сплавы для электродов	0,11
Сталь инструментальная углеродистая, легированная и ШХ	0,10

$$v_p = 0,13 \cdot \frac{0,2 + 0,2}{0,2 \cdot 0,2} = 1,3 \text{ м/мин.}$$

Рабочая скорость вытягивания заготовки является базовой для определения диапазона допустимых скоростей вытягивания:

$$v_{\text{мин}} = 0,5 \cdot v_p, \quad (5)$$

$$v_{\text{макс}} = 1,5 \cdot v_p. \quad (6)$$

Максимально допустимая скорость вытягивания заготовки ( $v_{\text{макс}}$ ) является основанием для расчета параметров качания и охлаждения кристаллизатора. Ее значение должно обеспечивать формирование минимально допустимой толщины

корочки металла на выходе из кристаллизатора ( $\xi_{\min}$ ), которая составляет 0,01...0,02 м (большие значения толщин корочки металла соответствуют большему сечению заготовки). Поэтому, определив максимальную скорость вытягивания по уравнению (6) необходимо проверить ее приемлемость с точки зрения обеспечения корочки достаточной толщины. Для этого необходимо рассчитать толщину затвердевшей корочки металла на выходе из кристаллизатора из выражения:

$$\xi_{\text{кр}} = k \cdot \sqrt{\frac{\tau_{\text{кр}}}{K_{\text{ф}}}}, \quad (7)$$

где  $\xi_{\text{кр}}$  – толщина корочки металла на выходе из кристаллизатора, мм;

$\tau_{\text{кр}}$  – продолжительность затвердевания заготовки в кристаллизаторе, мин;

$K_{\text{ф}}$  – коэффициент формы поперечного сечения заготовки (0,25);

$k$  – коэффициент затвердевания, который для спокойной стали в зависимости от ее состава и условия затвердевания изменяется в пределах 24...28 мм/мин<sup>1/2</sup>.

$$v_{\text{мин}} = 0,5 \cdot 1,3 = 0,65 \text{ м/мин.}$$

$$v_{\text{макс}} = 1,5 \cdot 1,3 = 1,95 \text{ м/мин.}$$

$$\xi_{\text{кр}} = 26 \cdot \sqrt{\frac{3,7}{0,25}} = 100 \text{ мм.}$$

Продолжительность пребывания НЛЗ в кристаллизаторе ( $\tau_{\text{кр}}$ ) можно определить из выражения:

$$\tau_{\text{кр}} = \frac{h_{\text{кр}}}{v_{\text{макс}}}, \quad (8)$$

где  $h_{\text{кр}}$  – рабочая (активная) высота кристаллизатора, то есть уровень металла в кристаллизаторе с учетом недолива, м;

$v_{\text{макс}}$  – максимальная скорость вытягивания НЛЗ, м/мин.

Рабочая высота кристаллизатора определяется длиной кристаллизатора и величиной недолива жидкого металла до верхнего края медной гильзы кристаллизатора:

$$h_{\text{кр}} = H_{\text{кр}} - h_{\text{недолив}}, \quad (9)$$

					22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		40

где  $H_{кр}$  – высота кристаллизатора, м;

$h_{недолив}$  – величина недолива жидкого металла до верхнего края медной гильзы кристаллизатора, м.

Длина (высота) кристаллизатора зависит от сечения разливаемых слитков и в общем случае может изменяться от 300 до 1200 мм. Практический опыт эксплуатации современных МНЛЗ показал, что надежная работа машины при удовлетворительном качестве слитков может обеспечиваться кристаллизатором длиной 800...1000 мм.

Недолив металла в кристаллизатор обеспечивает безаварийную работу, а также позволяет проводить разливку под шлакообразующими смесями. В зависимости от организационно-технических возможностей его поддерживают на уровне 0,05...0,15 м.

В случае если полученная толщина корочки на выходе из кристаллизатора ( $\xi_{кр}$ ) меньше минимально допустимой толщины ( $\xi_{min} = 0,01...0,02$  м), необходимо ограничить максимальную скорость вытягивания до значений, обеспечивающих формирование корочки, исключающей возникновения аварийных прорывов жидкого металла.

$$h_{кр} = 800 - 100 = 700 \text{ мм.}$$

$$\tau_{кр} = \frac{0,7}{1,95} = 0,36 \text{ мин.}$$

Внутри вытягиваемой из кристаллизатора заготовки находится лунка жидкого металла, длина которой определяется по формуле:

$$L_{ж} = \tau_{з} \cdot v, \quad (10)$$

Для определения максимальной протяженности жидкой фазы на МНЛЗ существует уточненная формула:

$$L'_{ж} = K \cdot a^2 \cdot v_{макс}, \quad (11)$$

где  $K$  – коэффициент, зависящий от отношения ширины заготовки к толщине;

$a$  – толщина наиболее толстой заготовки, отливаемой на машине, м.

Значения коэффициента  $K$  приведены в таблице 5.

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		41



Таблица 5 – Значение коэффициента К для расчета протяженности жидкой фазы

Отношение b/a	Профиль заготовки	К
1,0	блюд	240
1,1	блюд	245
1,2	блюд	250
1,3	блюд	255
1,4	блюд	260
1,5	блюд	265
1,6	блюд	270
1,7	блюд	275
1,8	блюд	280
1,9	блюд	285

$$L'_{\text{ж}} = 2 \cdot 0,2^2 \cdot 1,95 = 1,56 \text{ м.}$$

Обязательным условием получения плотной осевой зоны НЛЗ является соблюдение соотношения:

$$\frac{L_{\text{ж}}}{L_{\text{м}}} \leq 0,9, \quad (12)$$

где  $L_{\text{м}}$  – металлургическая длина МНЛЗ (расстояние по оси заготовки от уровня жидкого металла в кристаллизаторе до последнего поддерживающего ролика), м.

$$\frac{1,56}{8} = 0,2 \leq 0,9.$$

## 2.10 Параметры качания кристаллизатора

Зная максимальную скорость вытягивания слитка, можно определить параметры качания кристаллизатора, к которым относятся амплитуда и частота качания. Необходимость качания кристаллизатора вызвана тем, что в процессе непрерывной разливки корочка затвердевающего в кристаллизаторе слитка по мере его движения вниз претерпевает усадку и отходит от стенок. Зона плотного контакта корочки со стенками очень мала и находится в верхней части кристаллизатора, вблизи мениска жидкого металла. При определенных условиях в этой зоне происходит прилипание тонкой корочки к стенкам кристаллизатора. Это

может привести к разрыву корочки в местах ее отхода от стенок. Если кристаллизатор неподвижен, а слиток вытягивается с постоянной скоростью, то прилипшая часть корки остается на месте (зависает), а нижняя часть будет двигаться вниз. В результате происходит прорыв – выход жидкого металла из сердцевины слитка. Для предотвращения прорывов необходимо сообщать кристаллизатору возвратно-поступательное движение. Причем скорость опускания кристаллизатора задается несколько большей, чем скорость движения слитка. Допустимое время опережения ( $\tau_{\text{оп}}$ ), необходимое для сваривания (залечивания) разрывов корочки слитка, должно составляет 0,1...0,3 с. Перемещение кристаллизатора осуществляется в направлении его оси. Необходимое время опережения при разных скоростях вытягивания достигается изменением частоты ( $\nu$ ) и амплитуды ( $\delta$ ) качания кристаллизатора путем синхронизации со скоростью вытягивания слитка. Произведение оптимальной частоты качания на время опережения называется критерием оптимального опережения ( $K_{\text{опт}}$ ). Для синусоидального закона качания  $K_{\text{опт}} = 0,274$ , а при трапециальном законе с циклом 3:1 –  $K_{\text{опт}} = 0,71...0,75$ .

Таким образом, частоту качания кристаллизатора можно определить по формуле:

$$\nu = \frac{K_{\text{опт}}}{\tau_{\text{оп}}} \cdot 60, \quad (13)$$

где  $\nu$  – частота качания кристаллизатора, мин<sup>-1</sup>;

$\tau_{\text{оп}}$  – допустимое время опережения, с.

$$\nu = \frac{0,274}{0,2} \cdot 60 = 82,2 \text{ мин}^{-1}.$$

Оптимальную амплитуду качания выбирают только для максимальной скорости вытягивания слитка с учетом топ и принимают ее постоянной для всех скоростей вытягивания, меньших максимальной:

$$\delta = 14,8 \cdot \nu_{\text{макс}} \cdot \tau_{\text{оп}}, \text{ мм.} \quad (14)$$

где  $\nu_{\text{макс}}$  – максимальная скорость вытягивания заготовки, м/мин;

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		43

$\tau_{оп}$  – опустимое время опережения, с.

$$\delta = 14,8 \cdot 1,95 \cdot 0,2 = 5,8 \text{ мм} .$$

Необходимую частоту качания кристаллизатора можно также определить исходя из рабочей скорости вытягивания и амплитуды качания по уравнению:

$$v = k_v \cdot \frac{v_p}{\delta} \cdot 10^3, \quad (15)$$

где  $v_p$  – рабочая скорость вытягивания заготовки, м/мин;

$v$  – частота качания кристаллизатора, мин<sup>-1</sup>;

$k$  – коэффициент частоты (обычно принимают  $k = 0,25 \dots 0,75$ );

$\delta$  – амплитуда качания кристаллизатора, мм.

$$v = 0,5 \cdot \frac{1,3}{5,8} \cdot 10^3 = 112 \text{ мин}^{-1} .$$

## 2.11 Скорость разливки и диаметр каналов сталеразливочных стаканов

Определение рабочей скорости вытягивания заготовки и диапазон допустимых ее значений позволяет рассчитать рабочую скорость разливки и возможный диапазон ее изменения.

Зависимость между скоростью вытягивания заготовки и соответствующей ей скоростью разливки (для одного ручья) описывается формулой:

$$q = \rho_{ст} \cdot a \cdot b \cdot v, \quad (16)$$

где  $q$  – скорость разливки, т/мин;

$\rho_{ст}$  – плотность затвердевшей стали в конце зоны вторичного охлаждения, т/м<sup>3</sup>;

$v$  – скорость вытягивания заготовки, м/мин.

Плотность затвердевшей стали в конце зоны вторичного охлаждения вычисляется по формуле:

$$\rho_{ст} = \frac{\rho_0}{1 + 3 \cdot \alpha \cdot t_{кЗВО}}, \quad (17)$$

где  $\rho_0$  – плотность стали при 0 °С, т/м<sup>3</sup>;

$\alpha$  – коэффициент линейного расширения твердой стали, равный  $(1,4...1,5) \cdot 10^{-5}$  1/град;

$t_{кзвО}$  – температура затвердевшей стали в конце зоны вторичного охлаждения, °С.

Для получения непрерывнолитого бруса с поверхностью, свободной от поверхностных трещин, температура поверхности слитка в конце затвердевания должна быть на 30...50 °С выше, чем верхняя граница интервала провала пластичности. По некоторым данным зона краснотемперности для различных марок сталей находится в интервале 816...900 °С и, следовательно, уровень температуры поверхности непрерывно-литого бруса при разгибании должен быть не менее 900 °С.

Приняв температуру поверхности заготовки в конце зоны вторичного охлаждения ( $t_{кзвО}$ ) определяют рабочую скорость разливки  $q_p$ , и ее предельные значения  $q_{мин}$  и  $q_{макс}$  по формуле (16) при подстановке в нее соответствующих значений скорости вытягивания заготовки  $v_p$ ,  $v_{мин}$  и  $v_{макс}$ .

$$\rho_{ст} = \frac{7,85}{1 + 3 \cdot 1,4 \cdot 10^{-5} \cdot 950} = 5,6 \text{ т/м}^3.$$

Рабочая скорость разливки:

$$q = 5,6 \cdot 0,2 \cdot 0,2 \cdot 1,3 = 0,3 \text{ т/мин.}$$

Минимальная скорость разливки:

$$q_{мин} = 5,6 \cdot 0,2 \cdot 0,2 \cdot 0,65 = 0,15 \text{ т/мин.}$$

Максимальная скорость разливки:

$$q_{макс} = 5,6 \cdot 0,2 \cdot 0,2 \cdot 1,95 = 0,44 \text{ т/мин.}$$

Диаметры каналов стаканов в сталеразливочном и промежуточном ковшах вычисляются из выражения:

$$q = k_p \cdot d^2 \cdot \sqrt{h}, \quad (18)$$

где  $k_p$  – коэффициент скорости разливки, т/(мин·мм<sup>2</sup>·м<sup>0,5</sup>);

$d$  – диаметр канала стакана, мм;

$h$  – высота слоя жидкого металла в ковше, м.

					22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		45

Расчет диаметров каналов стаканов и в сталеразливочном, и в промежуточном ковшах ведется на максимальную скорость разливки ( $q_{\text{макс}}$ ), причем при расчете диаметра канала стакана сталеразливочного ковша необходимо учитывать подачу жидкого металла одновременно в несколько кристаллизаторов. При расчете диаметра канала для сталеразливочного ковша рекомендуется принимать  $k_p = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ т}/(\text{мин} \cdot \text{мм}^2 \cdot \text{м}^{1/2})$  и  $h = 0,5 \dots 1,0 \text{ м}$ , а для промежуточного ковша  $k_p = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ т}/(\text{мин} \cdot \text{мм}^2 \cdot \text{м}^{1/2})$  и  $h = 0,6 \dots 0,8 \text{ м}$ .

$$d_{\text{ст}} = \sqrt{\frac{q}{k_p \cdot \sqrt{h}}},$$

$$d_{\text{ст}} = \sqrt{\frac{0,44}{1,2 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{1}}} = 0,019 .$$

$$d_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{q}{k_p \cdot \sqrt{h}}},$$

$$d_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{0,44}{1,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{0,6}}} = 0,023 .$$

Диаметры каналов стаканов сталеразливочного и промежуточного ковшей принимается путем округления в большую сторону до целого значения, высчитанного по формуле. Принимаем диаметр канала сталеразливочного ковша 20 мм и промежуточного ковша 25 мм.

## 2.12 Параметры настройки кристаллизатора и системы вторичного охлаждения

Кристаллизатор является важнейшим технологическим узлом МНЛЗ, так как в нем происходит формирование слитка. Основное назначение кристаллизатора – это формообразование слитка и отвод от кристаллизующейся стали такого количества тепла, которое обеспечивает условия для непрерывного формирования твердой корочки слитка достаточной толщины и прочности, чтобы она не разрушалась под действием трения и ферростатического давления на выходе из кристаллизатора.

Для заготовок малого сечения (толщина < 200 мм) применяют кристаллизаторы с параллельными стенками, а иногда делают прямую конусность для разливки сталей объем которых при кристаллизации увеличивается. При разливке в крупные заготовки для повышения эффективности работы нижней части кристаллизатора и предохранения от прорывов используют кристаллизаторы с обратной конусностью. В некоторых конструкциях кристаллизаторов предусматривается возможность изменения конусности. Для улучшения теплоотвода и уменьшения напряжения на широкой грани блюмового и гранях гильзового кристаллизатора рабочие поверхности стенок кристаллизатора иногда делают профилированными (ребристыми, волнистыми, рифлеными). Чтобы предотвратить зависание слитка и обеспечить сваривание разрывов корочки, кристаллизатору сообщается возвратно-поступательное движение.

В большинстве случаев кристаллизуемая заготовка имеет несколько большие размеры поперечного сечения, которые постепенно уменьшаются по мере ее охлаждения. Поэтому поддерживающая система МНЛЗ настраивается так, чтобы расстояние между противоположными стенками кристаллизатора и противоположными роликами системы вторичного охлаждения монотонно уменьшалось в направлении движения заготовки. Обычно ширина поперечного сечения блюмовой заготовки, как правило, превышает заданные размеры в верхней части кристаллизатора на 3...4 %, а толщина - на 3,5...4,5 %. В нижней части кристаллизатора при разливке блюмовой заготовки превышение размеров по ширине и толщине практически одинаковое и составляет 1,9...2,7 %. Расстояние между опорными поверхностями противоположных роликов системы вторичного охлаждения уменьшается линейно по длине зоны вторичного охлаждения.

Расчет параметров настройки МНЛЗ заключается в определении расстояний между противоположными стенками вверху и внизу кристаллизатора и между противоположными роликами на входе и выходе каждой зоны системы вторичного охлаждения (рисунок 11).

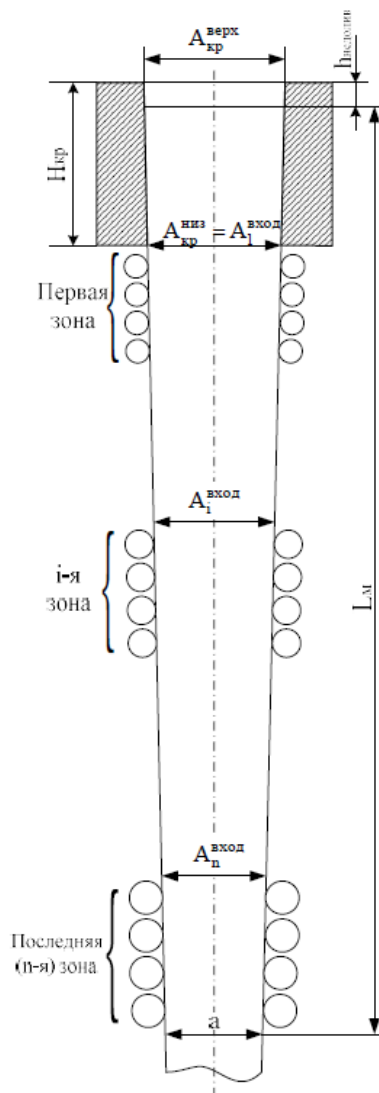


Рисунок 11 – Схема настройки МНЛЗ по толщине заготовки

Тогда, расстояние между противоположными стенками вверху и внизу кристаллизатора составит:

$$\begin{aligned}
 A_{\text{кр}}^{\text{верх}} &= (1,04 \dots 1,05) \cdot a; \\
 A_{\text{кр}}^{\text{низ}} &= (1,03 \dots 1,04) \cdot a; \\
 A_{\text{кр}}^{\text{верх}} &= (1,04 \dots 1,05) \cdot 0,2 = 0,21 \text{ м.} \\
 A_{\text{кр}}^{\text{низ}} &= (1,03 \dots 1,04) \cdot 0,2 = 0,206 \text{ м.}
 \end{aligned}
 \tag{19}$$

### 2.13 Охлаждение кристаллизатора

Для обеспечения высокой эффективности теплоотвода применяют кристаллизаторы с водяным охлаждением. В зависимости от способов

изготовления применяются: сборный составной кристаллизатор, рабочие стенки которого выполнены из отдельных плит; блочный кристаллизатор, состоящий из монолитного материала, в котором выполнена рабочая полость; гильзовый кристаллизатор, рабочие стенки которого выполнены из цельной медной гильзы, а также другие типы конструкций.

Гильзовые кристаллизаторы имеют широкое применение для сортовых заготовок, а сборные – для блюмовых и слябовых МНЛЗ. Рабочие стенки сборных кристаллизаторов изготавливаются из тонких (10...25 мм) или толстых (50...70 мм) медных пластин. Охлаждающая вода проходит между пластинами и плитой (толщина каналов 5 мм) или в каналах, высверленных с шагом 45 мм непосредственно в толстых медных пластинах (диаметр каналов 20 мм, расстояние до рабочей поверхности 15...20 мм). В последнее время сборные кристаллизаторы выполняются с раздвижными стенками для быстрого изменения сечения кристаллизатора. В радиальном кристаллизаторе медные плиты образуют внутреннюю полость, кривизна которой соответствует радиусу технологической оси МНЛЗ.

Длина кристаллизатора зависит от сечения разливаемых слитков и в общем случае может изменяться от 300 до 1200 мм. Практический опыт эксплуатации современных МНЛЗ показал, что надежная работа машины при удовлетворительном качестве слитков может обеспечиваться кристаллизатором длиной 800...1000 мм.

Для анализа тепловой работы кристаллизатора и при проектировании нового кристаллизатора необходимо рассчитать расход охлаждающей воды, скорости ее движения в каналах рабочих стенок кристаллизатора, а также определить температуру поверхности слитка и толщину твердой корочки на выходе из кристаллизатора. Расход охлаждающей воды и скорость ее движения необходимо рассчитывать при рабочей скорости вытягивания заготовки. Для этой же скорости вытягивания заготовки определяют температуру поверхности слитка и толщину твердой корочки на выходе из кристаллизатора.

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		49



Основным показателем, характеризующим режим охлаждения кристаллизатора, является расход охлаждающей воды. Предварительно перед расчетом расхода воды необходимо, пользуясь вышеприведенными рекомендациями, выбрать диаметр каналов и определить их число. Расход воды на охлаждение кристаллизатора должен быть таким, чтобы выполнялось два условия:

- 1) температура воды на выходе из кристаллизатора не должна превышать 40...45 °С с тем, чтобы не происходило отложение растворенных в ней солей;
- 2) скорость движения воды в каналах должна быть не менее 5 м/с для того, чтобы предотвратить образования застойных зон с локальным перегревом.

Расход воды, обеспечивающий выполнение первого условия, определяется следующий образом. Сначала выбором или расчетом определяются исходные данные:

- температура воды на входе в кристаллизатор (15...25 °С);
- температура воды на выходе из кристаллизатора (40...45 °С);
- перепад температур воды в кристаллизаторе  $\Delta t_v$ , °С;
- средний перепад температуры между температурой жидкого металла и температурой поверхности кристаллизующейся заготовки  $\Delta t$  (350...400 °С);
- средняя толщина слоя затвердевшего металла в кристаллизаторе (определяется расчетом из выражений 6...8 при рабочей скорости вытягивания) по уравнению:

$$\xi_{кр} = k \cdot \sqrt{\frac{\tau_{кр}}{2 \cdot K_{\phi}}} = k \cdot \sqrt{\frac{h_{кр}}{2 \cdot K_{\phi} \cdot v_p}} = k \cdot \sqrt{\frac{H_{кр} - h_{недолив}}{2 \cdot K_{\phi} \cdot v_p}}, \quad (20)$$

где  $\xi_{кр}$  – средняя толщина корочки металла в кристаллизаторе, мм;

$\tau_{кр}$  – продолжительность затвердевания заготовки в кристаллизаторе, мин;

$K_{\phi}$  – коэффициент формы поперечного сечения заготовки;

$k$  – коэффициент затвердевания, который для спокойной стали в зависимости от ее состава и условия затвердевания изменяется в пределах 24...28 мм/мин<sup>1/2</sup>;

$h_{кр}$  – рабочая (активная) высота кристаллизатора, то есть уровень металла в кристаллизаторе с учетом недолива, м;

$v_p$ , – рабочая скорость вытягивания НЛЗ, м/мин;

$H_{кр}$  – высота кристаллизатора, м;

$h_{недолив}$  – величина недолива жидкого металла до верхнего края медной гильзы кристаллизатора, м.

$$\xi_{кр} = 26 \cdot \sqrt{\frac{0,7}{2 \cdot 0,25 \cdot 1,3}} = 27 \text{ мм}.$$

После этого вычисляется средняя плотность теплового потока от заготовки к кристаллизатору:

$$Q = \lambda \cdot \frac{\Delta t}{\xi_{к}}, \quad (21)$$

где  $Q$  – средний тепловой поток, Вт/м;

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности затвердевшего металла, Вт/(м·К).

$\xi_{к}$  – средняя толщина слоя затвердевшего металла в кристаллизаторе, м;

$\Delta t$  – средний перепад температуры между температурой жидкого металла и температурой поверхности кристаллизующейся заготовки, °С.

Рекомендуется принимать следующие значения коэффициента теплопроводности  $\lambda$ :

28...33 Вт/(м·К) – для углеродистой стали;

25...30 Вт/(м·К) – для легированной стали.

$$Q = 30 \cdot \frac{400}{0,001 \cdot 27} = 444450 \text{ Вт/м}.$$

Затем вычисляется расход воды, обеспечивающий принятую температуру ее на выходе из кристаллизатора:

$$G_{кр} = \frac{3600 \cdot Q \cdot F_{кр}}{\rho_{в} \cdot C_{в} \cdot \Delta t_{в}}, \quad (22)$$

где  $G_{кр}$  – расход воды на кристаллизатор по рассматриваемому условию, м<sup>3</sup>/ч;

$\rho_{в}$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;

$C_{в}$  – удельная теплоемкость воды, которую при температуре 20...40 °С можно принять равной 4178 Дж/(кг·К);

$\Delta t_{в}$  – перепад температур воды в кристаллизаторе, °С;

$F_{кр}$  – площадь поверхности кристаллизатора ( $m^2$ ), воспринимающая тепловой поток, определяется из выражения:

$$F_{тр} = (A_{кр}^{верх} + A_{кр}^{низ} + B_{кр}^{верх} + B_{кр}^{низ}) \cdot H_{кр}, \quad (23)$$

где  $H_{кр}$  – высота кристаллизатора, м;

$A_{кр}^{верх}$ ;  $B_{кр}^{верх}$  – расстояние между противоположными стенками по толщине и ширине верхней части кристаллизатора, м;

$A_{кр}^{низ}$ ;  $B_{кр}^{низ}$  – расстояние между противоположными стенками по толщине и ширине нижней части кристаллизатора, м.

$$F_{тр} = (0,21 + 0,206 + 0,21 + 0,206) \cdot 0,7 = 0,58 \text{ м}^2.$$

$$G_{кр} = \frac{3600 \cdot 444450 \cdot 0,58}{1000 \cdot 4178 \cdot 20} = 11,1 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Расход воды, обеспечивающий выполнение второго условия – заданную скорость ее движения в каналах кристаллизатора, определяется по формуле:

$$G'_{кр} = 900 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot v_v \cdot m, \quad (24)$$

где  $G'_{кр}$  – расход воды на кристаллизатор,  $m^3/ч$ ;

$d$  – диаметр канала (обычно 0,015...0,025 м), м;

$v_v$  – скорость движения воды (обычно 7...10 м/с), м/с;

$m$  – количество каналов, определяемое из выражения:

$$m = \frac{P_{кр}}{d + h} + 1, \quad (25)$$

где  $d$  – диаметр канала, м;

$h$  – расстояние между каналами, м (обычно 30...50 мм);

$P_{кр}$  – средний периметр кристаллизатора (м), определяемый из выражения:

$$P_{тр} = A_{кр}^{верх} + A_{кр}^{низ} + B_{кр}^{верх} + B_{кр}^{низ} + 2 \cdot L_{кр},$$

где  $L_{кр}$  – толщина стенки кристаллизатора (50...80 мм).

Предварительно принимаем диаметр каналов  $d = 0,02$  м, расстояние между каналами  $h = 0,04$  м, толщину стенки кристаллизатора  $L_{кр} = 0,06$  м, а также определяем средний периметр кристаллизатора

$$P_{тр} = 0,21 + 0,206 + 0,21 + 0,206 + 2 \cdot 0,06 = 0,952 \text{ м.}$$

$$m = \frac{0,952}{0,02 + 0,04} + 1 = 11,9 \text{ шт.}$$

Принимаем 12 шт.

$$G'_{кр} = 900 \cdot 3,14 \cdot 0,02^2 \cdot 7 \cdot 12 = 94,95 \text{ м}^3 / \text{ч.}$$

После вычисления требуемого расхода воды, исходя из первого и второго условия, принимается больший из них  $94,95 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		53

### 3 ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АГРЕГАТА «КОВШ-ПЕЧЬ»

#### 3.1 Общие сведения

Термодинамические условия проведения технологических операций в специализированных внепечных агрегатах (вакуум, регулируемый состав атмосферы, шлак оптимального состава) и более благоприятные кинетические условия (интенсивное перемешивание, большая поверхность взаимодействия фаз, введение добавок в объём расплава) обеспечивают достижение более существенных результатов, чем при их проведении в плавильных агрегатах. В зависимости от используемых методов и агрегатов внепечная обработка позволяет достичь:

- низкой (менее 0,010...0,005 %) концентрации углерода. Достигается вакуумированием, продувкой кислородом с аргоном;
- глубокого (до содержания менее 0,003 %) рафинирования от серы, которое обеспечивается путём обработки расплава специально подобранным шлаком, введением в металл десульфураторов;
- раскисления с малым загрязнением металла включениями. Обеспечивается вакуумированием и введением раскислителей, лигатур и модификаторов вглубь расплава;
- удаления водорода (до содержания менее 0,0002 %) путём продувки инертными газами и вакуумирования;
- получить металл с узкими пределами содержания элементов. Достигается благодаря вакуумированию и введению элементов при низком окислительном потенциале шлака;
- выравнивания и регулирования в узких пределах температуры металла. Обеспечивается подогревом расплава в ковше и усреднением температуры за счёт продувки инертными газами.

Постадийное осуществление технологических операций в разнесенных агрегатах позволяет корректировать результаты операций, проводимых на

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		54

предыдущей стадии, без снижения темпа производства, что значительно повышает точность и стабильность получаемых результатов.

В результате в настоящее время внепечная обработка является обязательным элементом технологии производства стали. Она начинается уже на выпуске полупродукта из плавильного агрегата в сталеплавильный ковш и заканчивается в промежуточном ковше и даже в кристаллизаторе машины непрерывного литья заготовок. При этом целью внепечной обработки является не только получение из окисленного полупродукта стали требуемого состава, но и подготовка расплава к разливке.

Подготовка расплава помимо снижения в расплаве содержания серы, растворённых газов, неметаллических включений до допустимого уровня заключается ещё и в нагреве с необходимой точностью, за требуемое время и с наименьшими затратами до температуры, достаточной для гарантированного поддержания её на определённом уровне на протяжении всего времени разливки. Кроме того, внепечные агрегаты используются для синхронизации стадий сталеплавильного процесса, включая разливку стали на МНЛЗ.

Для реализации технологии внепечного получения стали высокого качества применяется вакууматор и агрегат комплексной обработки стали.

Нагревательная станция «печь-ковш» АКП дает возможность вынести операции рафинирования жидкой стали за пределы плавильной печи: фактически, позволяет выполнить автономный и адекватный разогрев жидкого расплава, повышая универсальность и гибкость технологического процесса.

Значительное повышение показателей производительности установки получено за счет сокращения времени продолжительности плавки от выпуска до выпуска, как одного из эксплуатационных показателей

Печь-ковш АКП (рисунок 12) представляет собой буферную единицу “накопления” между плавильной печью и установкой непрерывной разливки стали, дающей возможность организации разливки по технологии “плавка-на-плавку”, с огромными преимуществами в плане энергосбережения, получаемыми при сокращении простоев МНЛЗ.

					22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		55

Ковшовая обработка стали позволяет провести эффективное и адекватное рафинирование, и кроме того, значительно облегченное в силу отсутствия шлака, и полностью индивидуализированное для каждой марки стали [9].

На дно ковша вдувается инертный газ (азот или чаще практикуемый аргон) для перемешивания расплава, обеспечивающего:

- равномерное распределение температуры по всей массе расплава;
- гомогенизацию хим. состава по всей массе расплава;
- оптимизацию перемешивания стали и шлака;

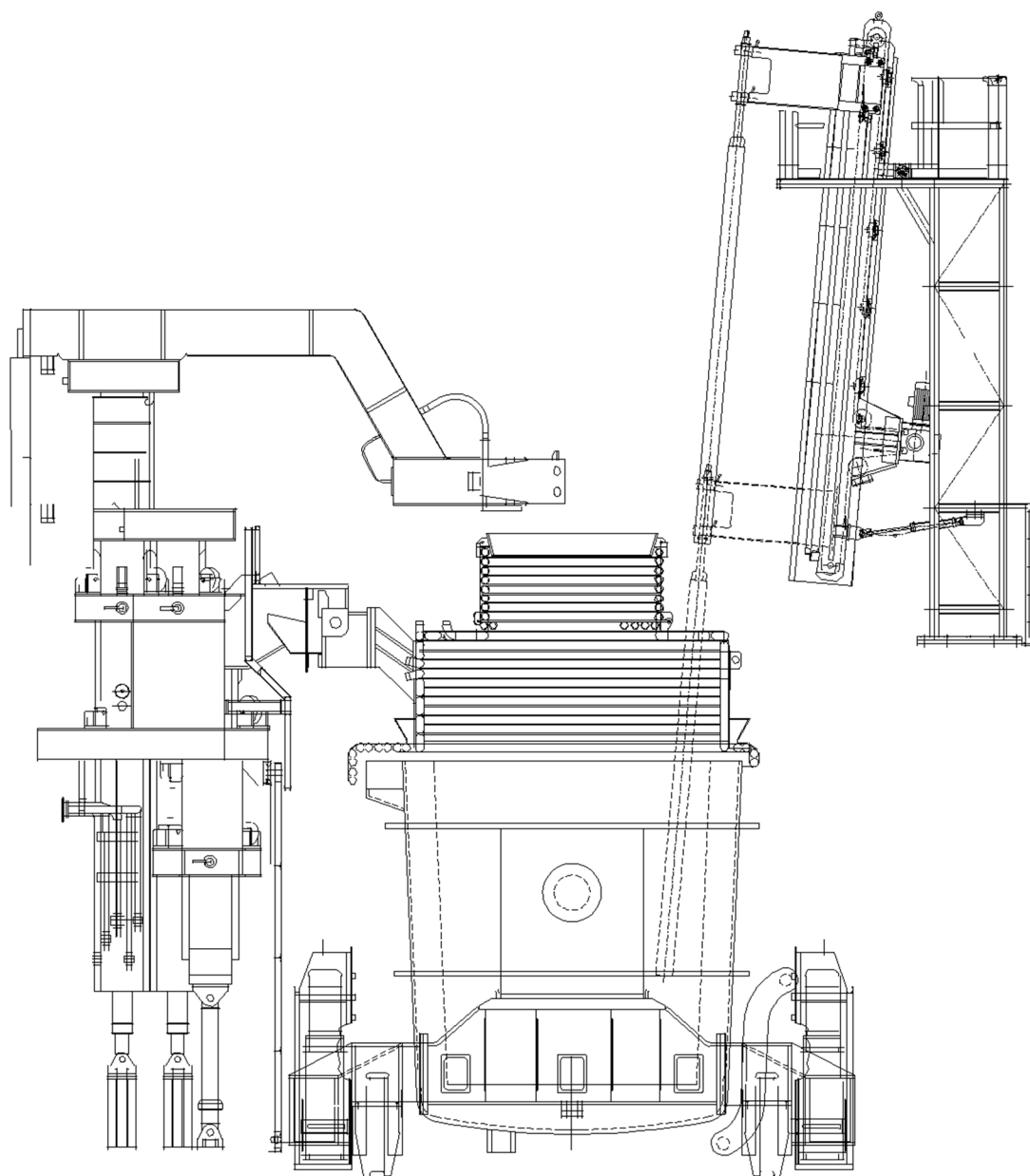


Рисунок 12 – Агрегат «ковш-печь»

Технические характеристики агрегата «ковш-печь» представлены в таблице 6.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ

лист

56

Таблица 6 – Технические характеристики агрегата «ковш-печь»

Параметры	Значение
<b>Общая информация</b>	
Тип ковшовой печи	(подъемный свод)
Ковшовая система	2
Номинальный объем нагрева, т	140
Минимальный объем нагрева, т	90
Толщина огнеупорной стенки, мм	270
Толщина огнеупорного днища, мм	500
Запас откоса (с 143 т и новый огнеупор), мм	400
Запас откоса (с 143 т и изношенный огнеупор), мм	840
Запас откоса (с 90 т и новый огнеупор), мм	1490
Запас откоса (с 90 т и изношенный огнеупор), мм	185
Время фришевания, мин	40
Продолжительность плавки первичной печи, мин	40
Тип свода печи	инертная крышка с водяным охлаждением с всасыванием;
Тип электродных держателей	токопроводящие
<b>Печь-ковш</b>	
Ход цилиндра подъема кровли, мм	400
Огнеупорный свод, толщина, мм	200
Диаметр электрода, мм	406
Диаметр распада электродов, мм	700
Тип электрода к применению плотности	высокой
Ход подъема, мм	2700
<b>Продувка газа</b>	
Пористые заглушки для ковша	2
Макс. скорость потока газа на заглушку л/мин	600
Тип инертного газа к использованию	Ar/N <sub>2</sub>
Количество автом. регулировок потока на тележку ковша	2 на тележку
Аварийная продувочная фурма	1
Макс. поток газа на аварийную фурму л/мин	600
<b>Газы (Азот/Аргон)</b>	
Требуемая чистота (Ar)	99,99%
Требуемая чистота (N <sub>2</sub> )	99,7%
Инертный газ – давление подачи (сеть) (N <sub>2</sub> )	12 бар
Ar/N <sub>2</sub> пиковая скорость в печи, Nm <sup>3</sup> /ч	14 бар
Ar/N <sub>2</sub> средняя скорость потока в печи, Nm <sup>3</sup> /ч	144
Ar/N среднее потребление на плавку, Nm <sup>3</sup>	35
Ar/N <sub>2</sub> пиковая скорость потока при выпуске плавки, Nm <sup>3</sup> /ч	25
Ar/N <sub>2</sub> средняя скорость потока при выпуске плавки, Nm <sup>3</sup> /ч	72
Ar/N среднее потребление тепла при выпуске плавки, Nm <sup>3</sup>	40
	3

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ

лист

57



### 3.2 Основные узлы АКП

Рабочая площадка печь-ковша предусмотрена для обеспечения безопасного проведения рабочих операций по обслуживанию печь-ковша и по укладке аппаратуры /рабочих материалов.

Площадка расположена вокруг охлаждаемого свода за исключением участка, прилегающего к трансформаторной будке. Площадка выполнена из металлической конструкции из профилей, закрепленных к фундаменту и усиленных рифленным листом, частично зафутерованные.

Металлическая конструкция, закрепленная на фундаменте, с установкой роликов хода колонн электродов и колонны подъема свода.

- верхний каркас из листовой стали и сварных профилей для опоры верхних направляющих роликов колонн подъема электродов и соответствующих ручных устройств их блокировки;
- промежуточный каркас из листовой стали и сварных профилей для опоры нижних направляющих роликов колонны подъема электродов и верхних направляющих роликов колонны подъема свода.
- комплектуется опорной основой на фундаменте печи и соответствующими анкерными болтами
- нижний каркас из листовой стали и сварных профилей для опоры нижних направляющих роликов колонны подъема свода и соответствующих ручных устройств ее блокировки;
- комплект вертикальных стоек из листовой стали и сварных профилей для
- соединения горизонтальных каркасов;
- компоненты системы централизованной смазки роликов (питателей, трубной разводки), и конечников положения каждой отдельной колонны.

Данная система предназначена для поднятия и опускания свода на различных стадиях работы.

					22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		58

Мост имеет в своем составе:

1. Колонна из стальной трубы;
2. Направляющие хода;
3. Горизонтальная вилка;
4. Гидравлический цилиндр простого действия;
5. Вход рукава системы водяного охлаждения свода;
6. Выход рукавов системы водяного охлаждения свода;
7. Консоль крепления свода;
8. Штифты сцепления;
9. Регулировочные винты.

Данная система предназначена для поднятия и опускания электрододержателей на различных стадиях работы (рисунок 13).

Система имеет в своем составе

- 1 Колонна в стальной трубе;
- 2 Скольз. направляющие;
- 3 Крепление колонны (крепление держателя электрода);
- 4 Отверстия со шлицами стяжек рычага;
- 5 Подъемный цилиндр;
- 6 Фундаменты.

Конструкция теплоизоляционной защиты представляет собой щиты, заполненные огнеупорным раствором; эти щиты установлены на каркас, закрепленный к фундаменту, и соединены между собой с помощью соединительных скоб.

В то время как верхний щит неподвижно зафиксирован, нижний щит оснащен малыми колесами скольжения (нижними и верхними), вращающимися внутри металлических направляющих, а также рукоятками для их ручного смещения при необходимости проведения техобслуживания комплекса смещения свода и электродов.

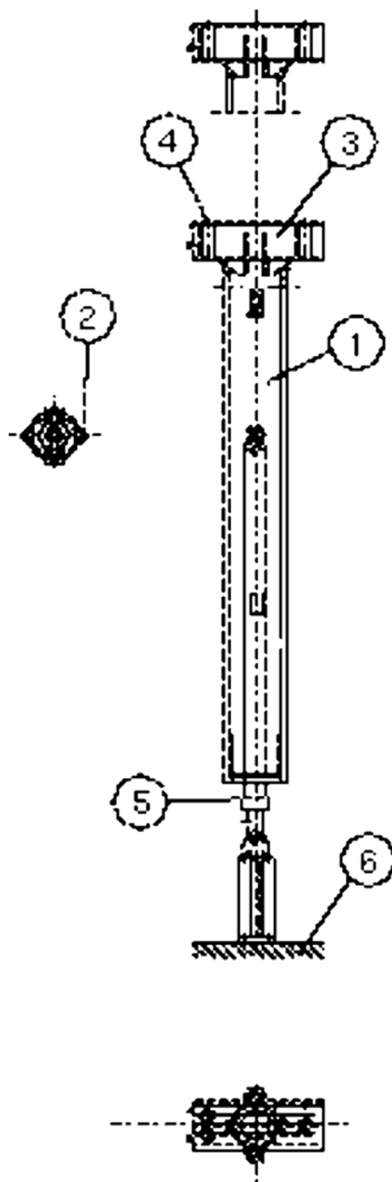


Рисунок 13 – Система подъема электрода

Водоохлаждаемый свод позволяет (рисунок 14):

- уменьшить потребление огнеупорных материалов;
- уменьшить износ электродов;
- оптимизировать удельный расход электроэнергии и производительность печи;
- регулировать тепловой обмен путем оптимизации скорости потока охлаждающей воды с введением калиброванных пластин в трубки панели.

Кроме того, с механической точки зрения установка панелей обеспечит:

- усиление общей структуры свода;
- возможность легкой замены поврежденных панелей;

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ

лист

60

- легкое восстановление панелей при помощи сварки или замены одной или нескольких труб.

С целью безопасности, только центральный малый свод выполнен из огнеупорных материалов, так как электроды в этой части находятся под напряжением.

Малый свод лежит на металлическом кольце с водяным охлаждением: можно легко заменить изношенный огнеупор.

Основная задача малого свода – поддерживать постоянную температуру внутри ковша, защищать окружение от брызг стали во время переплавки или при задаче добавок или ферросплавов. А также ограничивать потери тепла и энергии.

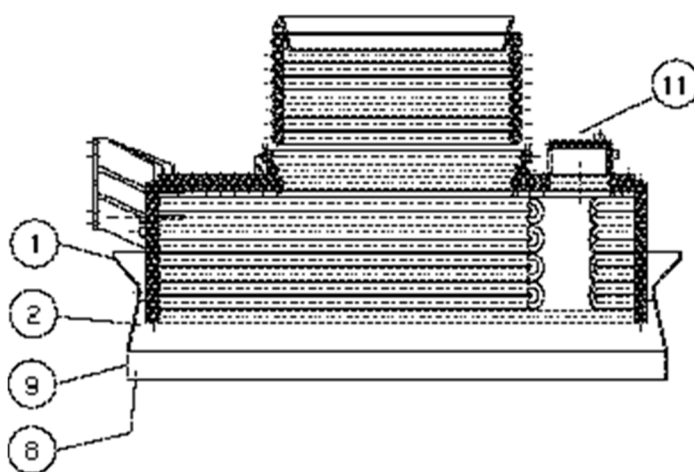


Рисунок 14 – Разрез охлаждаемого свода:

1 – кольцевой трубопровод; 2 – зазор всасывания; 8 – зазор всасывания в нижней части; 9 – внешнее кольцо; 11 – вытяжка бункера загрузки

Цель бокового отвода – резкое уменьшение проникания воздуха под свод ковшовой печи и одновременное снижение процента кислорода в этой секции, а также малого удаления тепла.

Возможный выход газа между ковшом и сводом из-за нейтрального или небольшого положительного давления в печи собирается в «кольцевой камере» на нижнем крае свода, окружающего ковш и соединенного с газоотводом.

Боковой отвод создает отрицательное статическое давление на входе полости между ковшом и сводом, чтобы выровнять отрицательное давление, которое создается внутри ковша из-за эффекта тяги

Чтобы добиться необходимой скорости и обеспечить желаемое разрежение, система кольцевого трубопровода может иметь преобладание перед воротами в выходной секции традиционного свода.

Система управления для статического давления, измеряемого датчиком, расположенным внутри зонта, и вышеупомянутые ворота позволяют добиться нужного давления внутри свода (в пределах мощности системы отвода) в соответствии с отличной мощностью, которая проникает через ванну, на основе оставшихся свободных зазоров и протекания процесса.

Прямоугольный держатель электрода состоит из сварных обмедненных-стальных пластин; камера для циркуляции охлаждающей воды находится внутри.

Толщина медных пластин на задней части держателя больше для соединения кабелей с водяным охлаждением с трансформатором. Рукава электрододержателя укомплектованы шлангами для подачи и отвода воды охлаждения.

Три стальных немагнитных болтов используется для крепления руковок к верхней части подъемных колонн электрода.

Крепежный зажим находится на передней стороне (сторона печи). Крепежные зажимы выполнены из кованных медных пластин и немагнитной стали, которые защищают электрода.

Контур предназначен для обеспечения электропривязки трансформатора к гибким кабелям электропитания, соединенным с электрододержателями. Контур образован по существу охлаждаемыми проводами, уложенными в медной трубке, в его состав входит также сварная опорная конструкция, укомплектованная опорными консолями.

Конструкция, выполненная из немагнитной стали, и консоли оснащены изоляционными пластинами для обеспечения полной электрической изоляции вторичного контура по отношению к окружающим конструкциям.

Привязки труб электропитания к трансформатору обеспечиваются гибкими проводами; для облегчения соединения между жесткими и гибкими элементами по концам труб и трансформатора предусмотрены перфорированные соединительные пластины из меди.

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		62

В состав контура входит также буферная защита со стороны проема открывания печи, в стене кабины размещения трансформатора.

Благодаря такой конструкции вторичного контура соединение на треугольник расположено в максимальной близости от печи, сокращая при этом до минимума реактивное сопротивление и обеспечивая одновременно оптимизацию симметрии электросистемы питания, и тем самым адекватную балансировку фаз.

Охлаждаемые кабели электропитания обеспечивают электропривязку вторичного контура (охлаждаемые медные трубы) с электрододержателями: предусмотрены 4 кабеля для каждой фазы.

Как правило кабель имеет в своем составе 2 гибких рукава, (расположенных соответственно один снаружи, и один внутри), и медные провода (проложенные между 2 труб); заизолированные между собой посредством перфорированной резиновой манжеты, покрывающей прочие провода, и обмотанные вокруг внутренней трубы, обеспечивая таким образом адекватное распределение тока.

Манжеты из перфорированной резины увеличивают охлаждающий эффект. Каждый провод имеет в своем составе две скрученные жилы из высокопроводящей меди, с диаметром, обеспечивающим максимальную гибкость и упругость.

Кабели охлаждаются водой, которая пропускается внутри полости резиновых труб, и защищаются снаружи изолирующей оболочкой, жаро- и износостойкой [10].

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		63

## 4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 4.1 Порядок инструктирования и обучения охране труда и промышленной безопасности

Все вновь поступившие на работу должны пройти вводный инструктаж по охране труда и производственной санитарии. Каждому вновь принятому работнику, прослушавшему вводный инструктаж, выдается на руки личная книжка инструктажа по охране труда

Каждый вновь принятый рабочий, после прохождения вводного инструктажа по охране труда, должен получить общий инструктаж о характере работы, опасности и вредности данного производства, ознакомиться с правилами внутреннего трудового распорядка и общими требованиями к персоналу.

Для прохождения обучения по безопасным методам труда и приобретения производственных навыков по специальности, рабочий закрепляется за преподавателем теоретического и инструктором производственного обучения, назначенными приказом по цеху. Длительность обучения зависит от сложности профессии и степени подготовленности обучаемого. После прохождения обучения в течение 2...14 смен рабочий проходит проверку знаний. По истечении срока обучения цеховая комиссия проверяет знания принятого рабочего по инструкциям по охране труда, производственно–техническим и должностным инструкциям.

К самостоятельной работе допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование и признанные годными к данной работе, прошедшие теоретическое и практическое обучение по соответствующей программе, аттестованные квалификационной комиссией комбината и получившие удостоверение по профессии, имеющие группу по электробезопасности не ниже I, а для работников, работающих ручными электрическими машинами 1 класса в помещениях повышенной опасности и не ниже II группы электробезопасности, прошедшие проверку знаний правил и инструкций по охране труда в цеховой комиссии с оформлением допуска к самостоятельной работе.

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		64

Рабочие, показавшие неудовлетворительные знания инструкций по охране труда, через 30 дней подвергаются повторной проверке знаний. Если при повторной проверке знаний у проверяемых вновь окажутся неудовлетворительные знания, то такие работники должны быть отстранены от работы по данной профессии.

Периодическая проверка знаний правил и инструкций по охране труда проводится комиссией. Повторный инструктаж по охране труда проводится сменным мастером один раз в полугодие. Для вновь принятых рабочих инструктаж проводится в течение первых шести месяцев работы ежемесячно.

Внеплановый инструктаж рабочих по безопасным методам работы должен производиться в случаях:

- при введении в действие новых или переработанных правил, стандартов, инструкций по охране труда, а также изменений к ним;
- при изменении технологического процесса, замене и модернизации оборудования, приспособлений и инструмента, влияющих на безопасность труда;
- нарушений инструкций по охране труда, в результате чего могли произойти несчастные случаи и аварии;
- по требованию органов государственного надзора или производственного контроля;
- при перерыве в работе более чем 30 календарных дней.

Рабочий должен выполнять только те работы, которые ему поручены и которым он обучен.

При перерыве в работе более 1 года все работники должны пройти обучение и проверку знаний требований охраны труда до начала самостоятельных работ.

#### 4.2 Спецодежда и защитные приспособления

Рабочие обязаны выходить на работу отдохнувшими, соблюдать меры личной предосторожности, быть внимательными и аккуратными.

Каждый рабочий должен быть обеспечен и обязан работать в положенной по нормам спецодежде. Пользоваться средствами индивидуальной защиты,

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		65



предусмотренными инструкциями по ОТ и ПБ при выполнении отдельных видов работ.

При наблюдении за технологическим процессом выплавки и разливки металла пользоваться очками светофильтрами и защитными очками или маской для защиты от пыли, брызг металла и шлака.

Использовать средства индивидуальной защиты органов дыхания, при проведении работ по уборке цеховой и внешней территории, при раскантовке сыпучих материалов, смесей, при огневой порезке металла и порезке металла при помощи кислорода, а также при выполнении работ, связанных с выделением пыли и вредных продуктов и соединений для органов дыхания.

В местах с повышенным шумом использовать вкладыши противошумные.

При выполнении работ с подъемными сооружениями, а также при маневровых работах с железнодорожным транспортом и при уборке железнодорожных путей и переездов, пользоваться сигнальными жилетами.

#### Нормы выдачи спецодежды

Для разливщиков стали:

- костюм из огнестойких материалов для защиты от повышенных температур или комплект для защиты от повышенных температур;
- жилет утепленный;
- фартук из огнестойких материалов для защиты от повышенных температур;
- ботинки кожаные с защитным подноском или сапоги кожаные с защитным подноском;
- рукавицы или перчатки для защиты от повышенных температур и расплавленного металла;
- перчатки с полимерным покрытием;
- каска защитная термостойкая;
- подшлемник под каску термостойкий;
- щиток защитный лицевой (с креплением на каску) или очки защитные;

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		66

- наушники противошумные (с креплением на каску) или вкладыши противошумные;
- средство индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) противоаэрозольное до износа.

Для операторов МНЛЗ:

Костюм из огнестойких материалов для защиты от повышенных температур или комплект для защиты от повышенных температур:

- ботинки кожаные с защитным подноском или сапоги кожаные с защитным подноском;
- рукавицы или перчатки для защиты от повышенных температур и расплавленного металла;
- перчатки с полимерным покрытием;
- каска защитная термостойкая;
- подшлемник под каску термостойкий;
- щиток защитный лицевой (с креплением на каску);
- щиток защитный лицевой (с креплением на каску) или очки защитные;
- наушники противошумные (с креплением на каску) или вкладыши противошумные;
- средство индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) противоаэрозольное.

В нерабочее время спецодежда, спецобувь должны храниться в специальном шкафу. При работе с расплавленным металлом или шлаком инструмент должен быть просушен, так как попадание сырости в расплавленный металл или шлак ведет к взрыву.

#### 4.3 Санитарно-гигиенические требования

Рабочее место должно содержаться в чистоте и порядке. Во избежание сквозняков, особенно в осенне-зимний период, ворота и двери в производственных

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>67</i>

помещениях должны плотно закрываться. Рабочие не должны в потном состоянии выходить на сквозняки. Прием пищи должен быть в специально отведенных для этого местах (столовых, комнатах приема пищи и др.). Перед едой необходимо тщательно мыть руки с применением мыла и специальных очищающих кремов и паст.

Ежедневно, силами персонала бригады, работающей в ночную смену, производить влажную уборку комнат отдыха и приема пищи, а также пультов управления. Обеспечение питьевой водой цехов производится по графику в специальной оборотной таре специализированной организацией. Рабочая спецодежда сдается в стирку. Сбор и отправка грязной спецодежды производится по установленному графику.

Необходимо помнить, что даже небольшая травма может привести к серьезным заболеваниям, поэтому нельзя загрязнять и запускать ранения, а необходимо своевременно обращаться в здравпункт цеха.

#### 4.4 Требования охраны труда перед началом работы

Перед началом работы персонал участка разливки и МНЛЗ, в порядке разграничения своих обязанностей, обязаны проверить:

Состояние оборудования и рабочих мест.

Наличие достаточного количества расходуемых материалов на складах и на рабочей площадке.

- состояние электро-, энерго- и механооборудования закрепленных участков;
- состояние трубопроводов и гибких шлангов для подачи к механизмам воды, сжатого воздуха, аргона (азота), гидравлических жидкостей;
- исправность быстроразъемных или резьбовых соединений гибких шлангов аргонопроводов (азотопроводов);
- состояние газоразборных постов;
- работу контрольно-измерительных приборов;

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		68

- состояние лестниц и ограждений на закрепленных участках;
- работу конечных выключателей, блокировок, световой и звуковой сигнализаций;
- исправность связи;
- наличие и исправность средств пожаротушения;
- состояние инструментов и приспособлений;
- чистоту оборудования и рабочего места;
- наличие инструкций на рабочем месте;
- исправность и достаточность освещения на рабочих местах.

#### 4.5 Требования охраны труда во время работы

Каждый работающий обязан помнить, что электрический ток может вызвать сильные ожоги и поражения со смертельным исходом.

##### Источниками травматизма являются:

- не огражденные токоведущие части электроустановок (троллей, рубильники, клеммники и т.д.), доступные случайному прикосновению.
- корпуса электрооборудования, которые могут оказаться под напряжением, в случае повреждения изоляции, при неисправном защитном заземлении.
- открытые шкафы с электроаппаратурой, имеющие не огражденные токоведущие части.

##### Запрещается:

- открывать и использовать электрические шкафы, рубильники и пульты управления для хранения каких-либо предметов.
- использовать рукоятки рубильников в качестве вешалок.
- проводить какие-либо работы по ремонту электрооборудования, прикасаться к токоведущим частям электроустановок, входить в электропомещения.

При работе на основном и вспомогательном оборудовании МНЛЗ, находящемся под напряжением или имеющем электрический привод, необходимо

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>69</i>

следить за исправностью защитного заземления этого оборудования, при обнаружении неисправности заземления, изоляции проводов прекратить работу.

Следует знать, что электрический ток одного и того же напряжения по-разному воздействует на людей, поэтому обо всех, даже незначительных случаях поражения электротоком при соприкосновении с металлическими конструкциями.

Для питания переносных (ручных) электрических светильников в помещениях с повышенной опасностью и в особо опасных помещениях должно применяться напряжение не выше 50В, а при работах в особо неблагоприятных условиях и в наружных установках – не выше 12В. Замену электрических ламп должен производить электротехнический персонал.

К работе с переносным электроинструментом и ручными электрическими машинами класса I в помещениях с повышенной опасностью должны допускаться работники, имеющие группу II, а в особо опасных помещениях переносной электроинструмент и ручные электрические машины класса I должны применяться с устройством защитного отключения или с применением хотя бы одного электрозащитного средства.

Подключение с помощью разборных контактных соединений вспомогательного оборудования (трансформаторов, преобразователей частоты, устройств защитного отключения) к электрической сети и отсоединение его от сети должен выполнять электротехнический персонал, имеющий группу III, эксплуатирующий эту электрическую сеть.

Кабель электроинструмента должен быть защищен от случайного механического повреждения и соприкосновения с горячими, сырыми и масляными поверхностями. Не допускается натягивать, перекручивать и перегибать кабель, ставить на него груз, а также допускать пересечение его с тросами, кабелями, шлангами газосварки. При обнаружении каких-либо неисправностей, работа с ручными электрическими машинами, переносными электроинструментами и светильниками должна быть немедленно прекращена.

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>70</i>

#### 4.6 Требования пожарной безопасности в производственных цехах, мастерских и других производственных помещениях

Ответственность за соблюдение правил пожарной безопасности возлагается на руководителей цеха, участков, служб, начальников смен, мастеров и рабочих.

В помещениях пультов управления МНЛЗ, в бытовом помещении участка подготовки ст. ковшей, в стопорной мастерской на видном месте должна находиться краткая инструкция по пожарной безопасности цеха, участка, а возле телефонных аппаратов должна быть табличка с номерами телефонов пожарных команд.

Руководители и все трудящиеся цеха должны постоянно соблюдать установленный противопожарный режим работы в цехе, на участке, на рабочем месте.

Не допускать загромождения проездов и подъездов к зданиям, пожарным гидрантам и стационарным лестницам, а также установленных проездов и проходов в помещениях, рабочих площадках.

Не допускать оборудования различного ряда перегородок, кладовок и пристроек без согласования с пожарной охраной.

Обеспечить положенным по нормам пожарным инвентарем и содержать его в постоянной готовности.

Систематически очищать производственные площадки и рабочие места от горючих материалов и мусора, не допускать хранения и складирования легковоспламеняющихся веществ вблизи оборудования и в зоне разлива стали на МНЛЗ и в слиток, в зоне кантовки шлака и перелива металла из ст. ковшей.

Все материалы в складских помещениях и специально выделенных для складирования территориях, должны храниться в штабелях, сложенных по роду материалов. Между штабелями материалов должны быть свободные проходы шириной не менее 1 метра, от стен здания – 0,7 метра, а центральный проход в складе – 2 метра.

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		71

Снаружи, у входа, в помещениях цеха, где хранятся легковоспламеняющиеся жидкости и огнеопасные материалы или газы в баллонах, должны быть сделаны надписи «Огнеопасно», «Курить и применять открытый огонь запрещается».

Применяемые в цехе легковоспламеняющиеся и горючие жидкости должны храниться в закрытых емкостях в негоряемых кладовых в объеме суточной потребности.

Курение и применение открытого огня допускается только на специально отведенных и оборудованных для этих целей местах.

В случае разлива легковоспламеняющихся веществ, место разлива засыпать песком, который затем убрать из помещения в специально отведенное для сбора мусора место.

Лица, заметившие пожар или признаки его (появление дыма, запаха гари и т.д.), обязаны сразу сообщить об этом в пожарную часть по телефону 01.

#### 4.7 Требования безопасности при работе на механизмах

Перед запуском механизма в работу, необходимо подать предварительный сигнал. После сигнала перед пуском механизма необходимо сделать короткую выдержку и убедиться в уходе людей в безопасное место.

Пуск оборудования, расположенного вне зоны видимости с пульта управления, должен производиться только после получения ответных сигналов по двусторонней сигнализации от работников, подтверждающих безопасность его пуска на закрепленных за ним участках.

Не оставлять без надзора работающие механизмы, хотя бы на некоторое время, во избежание аварий, несчастных случаев.

Осмотр, ремонт, чистку, наладку и смазку оборудования и механизмов производить после остановки, отключения.

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>72</i>

#### 4.8 Требования безопасности при работе с газами

В цехе применяется газ: природный, кислород, аргон, азот.

Характеристика газов:

Природный газ – теплотворная способность 8050 ккал/м<sup>3</sup>, удельный вес 0,73 кг/м<sup>3</sup> (почти в два раза легче воздуха).

В смеси с воздухом взрывоопасен в пределах от 5 % до 15 % газа в воздухе. Температура воспламенения 550 °С, температура горения 2020°С. Пламя соломенного цвета. Не имеет цвета, запаха, вкуса. Химический состав природного газа (в % по объёму): метан CH<sub>4</sub> – 98,2 %; этан C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> – 0,4 %; пропан C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> – 0,2 %; бутан C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> – 0,9 %; углекислый газ CO<sub>2</sub> – 0,1 %; азот N<sub>2</sub> – 0,2 %. Для определения наличия в воздухе ему придают запах искусственно – добавляют на 1000 м<sup>3</sup> газа 16 гр. сильно пахнущего вещества этилмеркоптана (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>SH). Природный газ является удушающим. При работе с природным газом следует помнить, что он вытесняет из воздуха кислород и поэтому можно получить удушье. На рабочем месте содержание природного газа должно быть меньше ≤ 0,1 %.

Кислород – бесцветный газ, без запаха, не горит, но активно поддерживает горение, тяжелее воздуха, удельный вес O<sub>2</sub> – 1,43 кг/м<sup>3</sup>, хорошо и устойчиво впитывается в поры тканей. При соприкосновении сжатого газообразного кислорода с минеральными маслами может произойти самовозгорание с последующим взрывом. Безопасное содержание O<sub>2</sub> в воздухе от 19 % до 23 %.

Аргон – инертный газ, без цвета, вкуса, запаха, не токсичен, не взрывоопасен, тяжелее воздуха, удельный вес 1,78 кг/м<sup>3</sup>, так как аргон тяжелее воздуха он может накапливаться в слабо вентилируемых помещениях у пола, в приямках, тоннелях и других углубленных местах.

Азот – газ, без цвета, вкуса, запаха, не токсичен, не взрывоопасен, легче воздуха, удельный вес 1,25 кг/м<sup>3</sup>. Аргон и азот не горят и не поддерживают горение, удушающие, вытесняют из воздуха O<sub>2</sub>.

					22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		73



При вдыхании чистого аргона или азота человек быстро теряет сознание. Если при этом он продолжает находиться в атмосфере аргона или азота, то наступает смерть.

Оксид углерода (СО) – газ без цвета. Образуется во всех процессах, где имеется неполное сгорание веществ. Горит синим пламенем, температура воспламенения 610 °С, температура горения 2400 °С. В смеси с воздухом взрывается в пределах от 12 до 75 %. При вдыхании оксид углерода действует через кровь. Попадая в легкие, вступает в химическое соединение с гемоглобином крови, образуя карбоксигемоглобин, вследствие чего кровь становится неспособной переносить необходимое количество кислорода из легких к тканям организма. Способность СО вытеснять кислород из его соединений с гемоглобином крови объясняется химическим сходством СО с гемоглобином, оно у окиси углерода в 250...300 раз больше, чем у кислорода. Степень воздействия СО на организм человека зависит от концентрации его в воздухе и продолжительности пребывания человека в такой атмосфере.

К газоопасным работам относятся работы, которые выполняются в местах с загазованной атмосферой или при выполнении этих работ возможно выделение газа и образование среды, способной вызвать отравление или удушье.

Все газоопасные места участка разливки стали и МНЛЗ относятся в IV группе.

Лица, допускаемые к работе в газоопасных местах, должны быть аттестованы, допущены к самостоятельной работе.

Подводы природного газа к горелкам должны быть окрашены в желтый цвет, с красным опознавательным кольцом.

При обнаружении утечек газа на рабочих местах, работа должна быть прекращена. Персонал должен быть выведен из зоны загазованности.

Запрещается работать с кислородом при его утечке в местах соединений, обдувать кислородом оборудование, площадки, спецодежду.

Газоопасные места должны быть снабжены плакатами: «Опасно! Газ IV группа».

					22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		74

#### 4.9 Требования безопасности при перемещении грузов с помощью подъемных сооружений

Подъем и перемещение всякого рода тяжестей с помощью подъемных сооружений должен производиться только обученным персоналом, сдавшим экзамен в квалификационной комиссии, имеющим удостоверение на право работы с подъемными сооружениями.

Применять только исправные съемные грузозахватные приспособления, имеющие бирку, соответствующие по грузоподъемности поднимаемому грузу.

Действия машинистов кранов и стропальщиков должны быть строго согласованы.

Зацепку грузов грузозахватными приспособлениями необходимо производить с соблюдением схем строповки во избежание падения груза с высоты.

Подъем и перемещение груза производится по команде (сигналу) стропальщика, который перед подачей сигнала обязан удалить людей из опасной зоны и самому отойти в безопасное место.

Не стоять, не проходить под поднимаемым грузом, не находится в вагоне или кузове машины при их выгрузке или погрузке.

Не поддерживать грузозахватные устройства и грузозахватные приспособления или разворачивать груз непосредственно руками без применения специальных крюков.

Не поднимать и не перемещать людей в подъемных сооружениях, предназначенных для этих целей.

#### 4.10 Требования охраны труда по окончании работы

По окончании работы, убрать закрепленный участок, рабочее место от мусора, грязи, сырости в соответствии с требованиями производственной санитарии,

Проверить правильность расстановки оборудования и материалов, согласно схеме расположения оборудования и материалов.

Проверить наличие материалов для следующей смены.

Убрать в специально отведенные места инструменты и приспособления [11].

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		75

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе разработана технология производства на МНЛЗ стальной блюмы с профилем сечения 200x200.

Выбрано оборудование, необходимое для производства, описана технология производства сплава.

В специальной части приведены особенности использования агрегата «ковш-печь». Также рассмотрены вопросы охраны труда и техники безопасности.

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		76

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. «Технологические комплексы и МНЛЗ для производства сортовых заготовок». – <https://steeltimes.ru/books/casting/sortccm/11/11.php>.
2. Сайт «Черметком». – <https://www.chermet.com/articles/all/harakteristiki-stali-09g2s>.
3. Егоров, А.В. Электроплавильные печи черной металлургии: учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1985. – 280 с.
4. Кукуй, Д.М. Теория и технология литейного производства / Д.М. Кукуй, В.А. Скворцов, В.Н. Эктова. – Мн.: Дизайн ПРО, 2000. – 416 с.: ил.
5. Смирнов, А.Н. Непрерывная разливка стали / А.Н. Смирнов, С.В. Куберский, Е.В. Штепан. – Донецк: ДонНТУ, 2011. – 482 с.
6. Куклев, А.В. Практика непрерывной разливки стали / А.В. Куклев, А.В. Лейтес. – М.: Metallurgizdat, 2011. – 432 с.
7. Самарин, А.М. Сталеплавильное производство: справочник / А.М. Самарин. – М.: Металлургия, 1964. – 476 с.
8. Методика расчета производительности машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). – М.: Гипромез, 1976. – 114 с.
9. Валуев, Д.В. Внепечные и ковшовые процессы обработки стали в металлургии: учебное пособие / Д.В. Валуев. – Томск: ТПУ, 2009. – 206 с.
10. Непрерывная разливка стали на МНЛЗ-2 ЭСПЦ. Технологическая инструкция ТИ ЭС6-09-2013.
11. Сборник инструкций по охране труда и промышленной безопасности для огнеупорщиков УРМП, работающих на огнеупорном участке ККЦ. – Челябинск: 2005.

					<i>22.03.02.2019.4 11.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		77