

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время происходит изменение к требованиям по качеству стали, они более ужесточаются. Необходимо, чтобы большое количество деталей, конструкций отвечали высоким требованиям эксплуатационных свойств. Детали, которые наиболее востребованы, должны иметь продолжительный срок службы, а так же иметь высокие прочностные характеристики при высоких и низких температурах. В связи с этим, особое внимание уделяется стали, применяемой для изготовления таких деталей. К одной из них относится конструкционная низколегированная сталь марки 12ГС.

Конструкционными называют стали, применяемые для изготовления деталей машин, конструкций и сооружений. Эти стали - один из наиболее широко используемых и отличающихся разнообразием свойств класс материалов. Сталь марки 12ГС обладает высокими эксплуатационными свойствами, хорошей технологичностью, экономичностью, а ее несложный химический состав делает ее недефицитным материалом.

Для обеспечения надежных эксплуатационных свойств сталь должна обладать высокой конструкционной прочностью, которая представляет из себя комплекс свойств, обеспечивающий длительную и надежную работу изделия в конкретных условиях эксплуатации. Следовательно, конструкционная прочность определяется не только свойствами самого материала, но также и условиями его нагружения (статические, циклические или ударно-циклические нагрузки), температурной областью эксплуатации изделия, средой в которой изделию предстоит работать (жидкой, газообразной, высокоагрессивной и т.п.).

К низколегированным строительным сталям относятся низкоуглеродистые свариваемые стали, содержащие недорогие и недефицитные легирующие элементы (обычно до 2,5%) и обладающие повышенной прочностью и пониженной склонностью к хрупким разрушениям по сравнению с углеродистыми сталями.

Применение низколегированных сталей в строительстве вместо углеродистых позволяет уменьшить массу строительных конструкций, получить значительную экономию металла (до 50—80%), повысить надежность конструкций, особенно уменьшить их склонность к хрупким разрушениям, а также решить целый ряд других задач.

Целями данной выпускной квалификационной работы являются:

					КП ТиТЭС.06.2022.02.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		4

- изучение конструкционной низколегированной стали: описание свойств и характеристик, назначения и применения, технологии выплавки и разливки стали 12ГС;

В соответствии с поставленными целями в работе необходимо решить следующие задачи:

- расчет материального баланса плавки сплава 12ГС;

В данной выпускной квалификационной работе описана технология производства стали 12ГС.

					КП ТнТЭС.06.2022.02.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		5

# 1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ОСОБЕННОСТИ СПЛАВА

Данный сплав используется для элементов сварных и металлоконструкций, а так же различных деталей машин и оборудования, которые изготовлены методом вытяжки, гибки,ковки, и к которым предъявляются требования повышенной прочности и коррозионной стойкости с ограничением массы и работающие при температуре от -70 до 450°С. Используется для изготовления труб паропроводных высокого давления.

## Описание стали

Сплав 12ГС относится к сплавам на основе железа, его химический состав представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Химический состав сплава 12ГС согласно ТИ 123-Э-10-2017

Химический элемент	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Al	As	N
Содержание	0,09-0,15	0,8-1,2	0,5-0,8	Не более 0,03	Не более 0,035	Не более 0,3	Не более 0,3	Не более 0,3	0,02-0,04	Не более 0,08	Не более 0,012

Диаграмма химического состава стали 12ГС представлена на рисунке 1

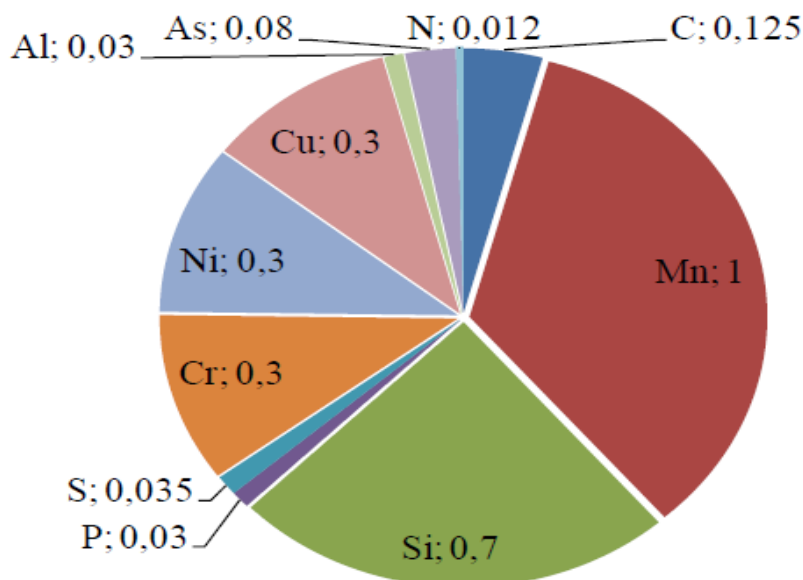


Рисунок 1 – Диаграмма химического состава стали 12ГС

					КП ТиТЭСиФ.06.2022.01.00.000 ПЗ					
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	Технология получения марки стали 12ГС			Лит.	Лист	Листов
Разраб	Канчер Р.В.							у	6	2
Пров	Астапенко И.В.							ГГТУ им.П.О. Сухого		
Н. Контр.								гр. МЛ-31		
Утв										

## 2)Механические свойства стали 12ГС

В таблице 1.2 представлены механические свойства готовой стали 12ГС.

Таблица 1.2 – Механические свойства стали марки 12ГС при T=20 оС

Сортамент	Размер, мм	Нап р.	$\sigma_{\text{в}}$ МПа	$\sigma_{\text{т}}$ МПа	$\delta_5$ %	$\psi$ %	КСУ кДж / м <sup>2</sup>
Лист,Класс прочности 315, ГОСТ 19281-2014	до 60		450	315	26		
Лист, ГОСТ 19282-73	4		470	320	26		

Рассмотрим технологические свойства стали 12ГС. Свариваемость стали обеспечивается технологией ее изготовления. Технологические свойства стали представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Технологические свойства стали 12ГС

Свойство	Описание
Свариваемость	без ограничений
Флокеночувствительность	не чувствительна
Склонность к отпускной хрупкости	не склонна

Соответственно сварка стали 12 ГС происходит без ограничений, то есть сварка производится без подогрева и без последующей термообработки.

Зарубежный аналог марки стали 12ГС: 10Mnsi5, которая производится в Германии .

## 2 ВЫБОР МЕТОДА ВЫПЛАВКИ ЗАДАННОГО СПЛАВА

При выборе плавильного агрегата для стали 12ГС рассмотрим два вида печей: а)электрические, б)топливные.

В электрических печах можно получить высококачественный металл с низким содержанием серы, фосфора, кислорода и высоким содержанием легированных компонентов, также есть возможность использования электрической энергии для нагрева металла, что позволяет в небольшом объеме сконцентрировать большую мощность и нагревать металл с большой скоростью до температуры кипения.

Электрические печи легко поддаются автоматизации, и более экономичные в применении электроэнергии, чем в применении кокса.

В отличие от мартен и конвекторного способа электроплавка в печах осуществляется в любой атмосфере и широком диапазоне давлений.

**Электрические печи** делятся на 4 большие группы:

1 группа: печи сопротивления.

Печи сопротивления, основаны на действии выделения тепла при прохождении тока по проводнику по закону Джоуля-Ленца  $Q=I^2 \cdot R \cdot t$  (Дж).

В печах сопротивления тепло выделяется за счёт протекания тока по проводнику. Установки такого типа по способу выделения тепла делятся на две группы: косвенного действия (тепло выделяется в нагревательных элементах) и прямого действия (тепло выделяется в нагреваемом изделии).

Подбирая значение  $I$ ,  $R$  можно получить мощность достаточную для расплавления металла

2 группа: дуговые печи.

Дуговые печи переменного тока – их принцип действия основан на про низывающем эффекте переменного магнитного потока, который проходит че рез замкнутый контур камеры. В нее помещены материалы, которые под действием магнитного поля расплавляются. Внутренняя камера заключена в металлический корпус из жаропрочной стали. Все внутреннее пространство до определенного уровня заполняется расплавленным металлом с легирующими добавками.

Нагрев металла возможен непосредственно (печь Геру – прямого действия) или печи косвенного действия, когда дуга горит над расплавленным металлом (печь Пешона).

					КП ТнТЭСиФ.06.2022.02.00.000 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Разраб		Канчер Р.В.			Технология получения марки стали 12ГС		
Пров		Астапенко И.В.					
Н. Контр.							
Утв							
					Лит.	Лист	Листов
					у	8	4
					ГГТУ им.П.О. Сухого гр. МЛ-31		

3 группа: индукционные печи.

Металл нагревают вихревыми токами, наводящимися переменным полем индуктора. По существу- это печи сопротивления, но отличаются способом передачи энергии нагрева металлу.

Электрическая энергия > Электромагнитная > Электрическая > Тепловая.

При индукционном нагреве тепло выделяется в самом обрабатываемом металле, поэтому использование тепла наиболее полное. С этой точки зрения - это наиболее совершенный тип печей.

4 группа: электронно-лучевые установки.

Электронно-лучевая (ЭЛУ) установка состоит из устройства для получения и формирования электронного пучка, рабочей камеры с расплавляемым электродом и кристаллизатором (плавильная печь) или с нагреваемым материалом (нагревательная печь) и откачной системы, поддерживающей в катодной области на пути пучка давление не более 10–2 Па.

Получить плотный не рассеивающийся поток электронов можно только в вакууме при давлении не менее 13,33 Па, т.е. все электроннолучевые установки являются вакуумными. Их используют для получения слитков металла высокой чистоты.

К 2 виду относятся **топливные печи**.

На металлургических предприятиях высокотемпературные печи являются основным технологическим оборудованием.

Для нагрева материалов необходимо снабжать печь энергией в форме теплоты и передавать теплоту нагреваемым материалам. Теплотехнический процесс генерации теплоты в печи и передачи её материалам составляет сущность тепловой работы печи.

**Классификация топливных печей:**

Топливные металлургические печи подразделяются на два класса: пламенные и слоевые.

Пламенная печь:

промышленная печь, в которой нагрев или плавление материала происходят при непосредственном сжигании топлива. Теплопередача от газообразных продуктов сгорания топлива к материалу осуществляется излучением и конвекцией, а также излучением от раскаленной внутренней поверхности огнеупорной кладки.

Современные пламенные печи работают на газообразном или на жидком топливе - мазуте. Для сжигания газообразного топлива служат горелки, для сжигания мазута-форсунки. К классу пламенных печей относятся сталеплавильные (мартеновские) печи, печи для плавки медных концентратов на штейн, печи для рафинирования меди, разнообразные печи прокатного и кузнечно-прессового производства: нагревательные колодцы, методические, кольцевые, роликовые печи, печи с выкатным подом, вращающиеся трубчатые печи для обжига сыпучих материалов.

Из двух видов печей я выбрал дуговую сталеплавильную печь (электрическая) и мартеновскую (топливная).

Для сравнения печей, приведем преимущества и недостатки каждой печи.

#### **Дуговая сталеплавильная печь.**

Преимущества ДСП:

Использование электрической энергии (электрического тока), возможность расплавить шихту (металлолом) практически любого состава, точное регулирование температуры металла и его химического состава

Высокая температура плавки (более 20000С) позволяет выплавлять сплавы с высокой концентрацией тугоплавких компонентов (хрома, молибдена, вольфрама и др.).

Регулировка температуры проходит за счет изменения параметров электрического тока.

Возможность создания в пространстве печи необходимой атмосферы: окислительной, восстановительной, нейтральной или вакуума - все это позволяет получать сталь высокого качества любого химического состава.

Но также недостатками дуговых печей являются большие затраты на потребление электрической энергии, и связанную с этим высокую стоимость выплавленной таким образом стали.

#### **Мартеновская печь.**

Возможность переработки в больших количествах железного лома.

Малый угар металла (менее 3%), что дает возможность получения стали заданного состава высокого качества.

Но с другой стороны эти печи имеют низкую производительность, большой расход топлива и высокую трудность в получении высоколегированных и специальных сталей, вследствие недостаточной температуры плавки.

Вследствии всего вышесказанного, я выбрал ДСП, так как все ее преимущества, а именно: регулировка температуры, быстрый нагрев, получение сталей высокого качества и практически любого химического состава, подходит мне для выплавки моей стали 12ГС.

					КП ТнТЭС. 06.2022.02.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		11



### 3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛАВИЛЬНОГО АГРЕГАТА

Дуговая сталеплавильная печь благодаря своим преимуществам предназначена, в основном, для производства легированных высококачественных сталей - коррозионностойких, инструментальных, конструкционных, электротехнических, жаропрочных и др., а также различных сплавов.

Печь ДСП состоит из металлического корпуса в виде кожуха, как правило, цилиндрической формы со сферическим дном (рис. 3.1.). Изнутри кожух футерован высокоогнеупорными материалами. Плавильное пространство печи сверху перекрывается съемным сводом, огнеупорная кладка которого выполнена в специальном сводовом кольце. В стенах печи имеются одно или два рабочих окна и одно выпускное отверстие с желобом для слива металла и шлака в ковш. Рабочие окна служат для загрузки шлакообразующих, руды, ферросплавов и для ряда технологических операций спуска шлака, взятия проб металла и шлака.

Дуговая печь опирается на два опорных сегмента - люльки, с помощью которых печь может наклоняться в сторону рабочего окна или выпускного отверстия. Наклон печи осуществляется при помощи механизма наклона с электрическим или гидравлически приводом.

Для загрузки шихты в печь свод обычно поднимают к полупорталу и вместе с электродами отворачивают в сторону сливного желоба. Шихта в плавильное пространство опускается с помощью специальной корзины с открывающимся дном. В эти корзины (бадьи) вся шихта укладывается в определенном порядке на шихтовом участке цеха.

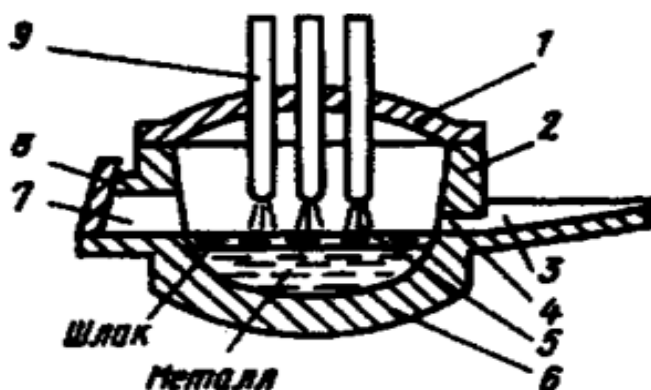


Рис. 3.1 Схема рабочего пространства дуговой электропечи:

					КП ТиТЭСиФ.06.2022.03.00.000 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Разраб		Канчер Р.В.			Технология получения марки стали 12ГС		
Пров		Астапенко И.В.					
Н. Контр.							
Утв							
					Лит. Лист Листов		
					у 12 4		
					ГГТУ им.П.О. Сухого гр. МЛ-31		

- 1- Куполообразный свод;
- 2- Стенки;
- 3- Желоб;
- 4- Сталевыпускное отверстие;
- 5- Электрическая дуга;
- 6- Сферический под;
- 7- Рабочее окно;
- 8- Заслонка;
- 9- Электроды;

К моменту завалки загруженная корзина подается к печи с помощью мостового крана, и после отвода от печи свода корзина опускается в плавильное пространство. Замок, закрывающий днище корзины, выдергивается, и корзина с помощью крана вы-водится из печи. При этом, благодаря раскрытию дна корзины, вся содержащаяся в ней шихта остается на подине печи.

Днище дуговой печи выполняется из листа толщиной 16...40 мм (для печей емкостью 6...250 т). На печах малой емкости днище выполняется в виде усеченного конуса, на печах средней емкости – сферическим или многоконусным и на большегрузных печах – сферическим. По периметру сферическая оболочка днища обрамляется тороидальным кольцом, переходящим в цилиндрическую часть. На верхней части днища, как правило, на уровне откоса, размещается фланец. В цилиндрической части днища делаются вырезы под раму рабочего окна и постель сливного носка, на электропечах с донным выпуском в днище устраивается выпускное отверстие. На дуговых печах с эркерным выпуском к сферической и цилиндрической частям днища приваривается эркерный выступ.

Кожух, или верхняя часть корпуса, до появления водоохлаждаемых панелей также выполнялся из листа толщиной 16...40 мм. В верхней части кожуха устраивался песочный затвор в нижней имелся фланец, для соединения с днищем. В кожухе делался вырез под верхнюю раму рабочего окна. Для конкретных условий эксплуатации использовали различные формы кожухов: цилиндрические, ступенчатые, конические и с обратной конусностью. С появлением водоохлаждаемых стеновых панелей появилась каркасная конструкция кожуха. В этой конструкции равномерно по периметру расположенные стойки скрепляют кольцевые жесткости, верхние из которых используются в качестве подводящего и отводящего воду коллекторов. Стойки и кольцевые жесткости выполняют из труб или сварными прямоугольного сечения из листа.

Футеровка электропечи включает футеровку подины, откосов и стен.

					КП ТнТЭС.06.2022.03.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		13

Подина и откосы образуют ванну печи, которая вмещает жидкий металлический расплав. Обычно ванна имеет сфероконическую форму, главное требование к материалам, которые обрамляют ванну – высокая огнеупорность. По внешнему контуру подина и откосы обрамляются изоляционными материалами (асбест, шамотный кирпич). Рабочий слой подины и откосов выполняется из магнезитового кирпича и магнезитового порошка или полностью набивным из порошка. Верхний уровень откосов делается обычно на 100...250 мм выше порога рабочего окна.

Футеровка стен дуговой печи состоит из арматурного и рабочего слоев. Для кладки стен используют хромомagneзитовые, магнезитохромитые, периклазохромитовые и периклазоуглеродистые кирпичи или сочетание этих огнеупоров.

Толщина арматурного слоя стен составляет 65...150 мм, толщина рабочего слоя колеблется от 300 до 460 мм. На электропечах с водоохлаждаемыми панелями высота основной части кладки стен составляет 350...600 мм. При приближении к выпускному отверстию или эркеру высота кладки стен увеличивается.

Свод классической конструкции состоит из сводового кольца и огнеупорной кладки. В кладке обязательно наличие трех отверстий под электроды. В зависимости от конструкции печи в кладке также могут быть отверстия для отсоса газов (четвертое отверстие), загрузочной воронки и сводовой фурмы. Кладка свода выполняется из хромомagneзитовых, магнезитохромитовых, периклазохромитовых или высокоглиноземистых огнеупоров. Толщина кладки свода на электропечах емкостью 5...200 т составляет 230...460 мм. Кладку свода выполняют на шаблоне чаще всего по секторно-арочной или кольцевой схеме. Показателем строительной прочности свода является отношение хорды к стреле прогиба, которую обычно выбирают в пределах 6,5...8.

Замена футеровки ДСП водоохлаждаемыми элементами – безусловно один из революционных моментов в развитии конструкции дуговых печей. Для успешного использования различных частей с водяным охлаждением и получением экономического эффекта, который определяется как затраты на внедрение этих частей, увеличением расхода воды и изменением потерь тепла в большую сторону, с одной стороны, и уменьшением расхода огнеупорных материалов и материальных потерь на горячие ремонты, увеличением производительности печи из-за повышения вводимой мощности, с другой стороны. Снижение потерь тепла достижимо только при уменьшении жидкого периода плавки, благодаря использованию внепечной обработке расплава.

Дуговые печи с донным выпуском оснащаются механизмом открывания (закрывания) отверстия для выпуска металла. В наиболее распространенной конструкции пластина из листа круглой формы, приводимая в движение через систему рычагов гидроцилиндром, перекрывает канал нижней концевой втулки выпускного отверстия. Гидроцилиндр обычно располагается вне зоны интенсивного излучения на боковой поверхности эркерной части печи. Между

пластиной и нижней втулкой оставляют зазор 5...20 мм, который уплотняется шнуровым асбестом. После этого отверстие донного (эркерного) выпуска заполняется дунитовым порошком.

В нашем курсовом проекте выбираем ДСП ёмкостью 120т, т.к. металл широко используется в промышленности. Примером назовем изготовление труб и нагревательных элементов различного назначения. В промышленность поставляются заготовки в виде прутка или листа. Очень часто сталь улучшается путем цементации. Это позволяет увеличить твердость поверхности, но пластичную сердцевину. Примером можно назвать различные оси, кулачки и валики, пальцы и шпиндели, толкательные клапана, пальцы рессора и другие элементы, получившие широкое распространение в машиностроении. На производственные площадки поставляется прокат с различным диаметром. При этом заготовка может обрабатываться резанием при применении токарного и фрезерного, сверлильного и другого оборудования. Трубы изготавливаются при применении электросварки. Для этого применяется листовая сталь, которая сваривается в точке соприкосновения. При применении метода горячей деформации получают бесшовные трубы, которые обладают высокими эксплуатационными характеристиками.

Основные характеристики ДСП-120 представлены в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Основные характеристики ДСП-120

Тип печи	переменного тока
Система загрузки скрапа	бадьевая
Тип выпуска жидкого металла	эркерный
Сталь на выпуске	118 т
Зеркало расплавленного металла	45 т
Диаметр кожуха	6700 мм
Внутренний диаметр панелей	6800 мм
Тип панелей	стальные и медные (нижние) трубы
Угол выпуска	20°
Угол спуска шлака	– 15°
Объем печи	147 м <sup>3</sup>
Тип электродных консолей	проводные
Диаметр распада электродов	1200 мм
Диаметр электрода	610 мм
Длина электрода	2600 мм
Емкость корзины для лома	80 м <sup>3</sup>

В данном пункте описал характеристику плавильного агрегата для выплавки стали 12ГС.

## 4 ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПЛАВКИ СТАЛИ

Большинство различных марок стали и сталь марки 12ГС производятся по следующей технологической схеме рисунок 4.1

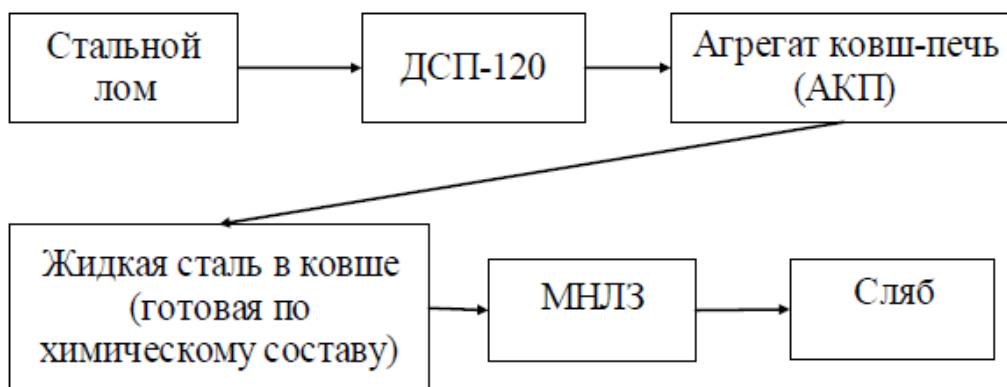


Рисунок 4.1 Технологическая схема производства стали 12ГС

Выплавку стали предлагается производить в дуговой сталеплавильной печи (ДСП) по технологии процесса Consteel емкостью 120 тонн. Эта технология представляет собой выплавку электростали с непрерывной загрузкой горячей шихты в сталеплавильную печь.

Технологический процесс получения стали 12ГС является сложнейшей и трудоёмкой операцией, от точности, проведения которой сильно зависит качество готовой продукции.

В целом технология получения конструкционной низколегированной стали состоит из следующих этапов:

- выплавка полупродукта в дуговой сталеплавильной печи ДСП-120 с эркерным выпуском;
- доведение стали до требуемого химического состава на агрегате печь-ковш (АКП);

Сталь в дуговой печи выплавляется по двум вариантам:

- с завалкой металлошихты на «болото» (40-60 т металла предыдущей плавки);
- с завалкой металлошихты на «сухую» подину, очищенную от остатков шлака и металла от предыдущей плавки.

					КП ТиТЭСиФ.06.2022.04.00.000 ПЗ						
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	Технология получения марки стали 12ГС				Лит.	Лист	Листов
Разраб		Канчер Р.В..							у	16	14
Пров		Астапенко И.В.							ГГТУ им.П.О. Сухого гр. МЛ-31		
Н. Контр.											
Утв											

Основным способом выплавки полупродукта стали является использование способа «болота».

Плавки на "сухую" подину (без оставления металла и шлака) проводятся:

- после холодного ремонта подины печи;
- после горячего ремонта подины печи;
- после выполнения серии плавов с применением легированных отходов, если в жидком металле содержатся элементы, которые являются нежелательной примесью при выплавке последующих марок стали.

Рассмотрим подробнее подготовку печи к началу плавки. После каждой плавки сталеваром производится осмотр печи, оценивается состояние футеровки стен, шлакового пояса, центральной огнеупорной части свода, подины, продувочных фурм, сталевыпускного отверстия, состояние водоохлаждаемых элементов печи, электродержателей, шлангов подачи воды на охлаждение, кабелей короткой сети.

После выпуска предыдущей плавки производится удаление остатков шлака и настелей из канала эркера и торца концевой втулки эркерного выпуска. Очистку производить при помощи кислородной трубки. После закрытия выпускного отверстия в него засыпать стартовую смесь.

Заправка подины и откосов. Для заправки подины печи применяется заправочная масса на основе магнезиальных материалов JEFRIТ GM-1, которая обеспечивает достаточную степень сцепления с футеровкой печи. После выпуска металла печь наклонить в сторону рабочей площадки для осмотра футеровки сталеваром с целью общей оценки состояния откосов, подины и выявления на ней остатков металла и шлака. Одновременно оценивается состояние свода и стен. Заправка подины и откосов производится механизированным способом (заправочной машиной). Разрешается производить заправку вручную.

Горячий ремонт подины проводится по мере необходимости в местах локального износа подины методом подсыпки ремонтных масс.

После заправки подины, откосов и завалки шихты при необходимости производить частичную заправку стен (подварку) массами. По окончании выпуска плавки, за которой будет следовать замена эркерной трубки, обеспечить отсутствие остатков металла и шлака на эркере.

Завалка металлошихты в ДСП осуществляется по конвейеру Consteel - это основной способ загрузки.

При погрузке металлошихты на конвейер должны быть учтены следующие моменты. Металлошихта должна быть разложена равномерно, её

высота должна составлять приблизительно 650 мм, что на 150 мм ниже высоты загрузочного конвейера.

При использовании чугуна и брикетированного железа, для получения равномерной загрузки они должны быть разложены на загрузочном конвейере тем же самым образом. При этом загрузка чугуна и брикетированного железа в ДСП должна быть произведена в первой половине плавки для того, чтобы предотвратить любые задержки, вызванные высоким содержанием углерода. Из-за высокой плотности чугуна и брикетированного железа (ГБЖ), при использовании этих материалов загрузка конвейера соответственно увеличивается. Программа АСУ ТП ДСП уменьшить скорость конвейера для того, чтобы соответствовать интенсивности подачи в рамках заданной системы продолжительности загрузки.

При наличии скрапа с максимальной крупностью кусков не более 500х500 мм и длиной не более 1000 мм: через 30-35 минут после начала плавки грузить скрап на следующую плавку.

Габаритный мелкий скрап однородной фракции менее 100 мм, в виде орешка (после магнитной сепарации) рекомендуется заваливать в ДСП до начала схода шлака из печи (до общей массы ванны примерно 90 тонн) при этом необходимо увеличить подачу кускового углеродного материала в начале плавки по 25 кг на каждую тонну габаритного мелкого скрапа однородной фракции менее 100 мм, в виде орешка (после магнитной сепарации).

Загрузку стружки небрикетированной производить на дно конвейера Consteel, придавливая сверху более тяжеловесной металлошихтой. Завалку стружки небрикетированной производить до начала схода шлака.

Рассмотрим шихтовку плавки. Масса тяжеловесных отходов (обрези и скрапа) в составе общей массы завалки должна быть не более 50%. Во избежание риска взрыва следует загружать сухой скрап (без масла, воды) и не использовать герметизированные контейнеры (емкости). В завалку одной плавки разрешено использовать ограниченное количество следующих видов металлошихты:

- части и элементы боеприпасов, при наличии талона взрывобезопасности;
- пресс-пакеты, пресс-таблетки и стружку небрикетированную в сумме не более 15 тонн.

габаритный мелкий скрап однородной фракции менее 100 мм, в виде орешка (после магнитной сепарации) не более 10 тонн. Остальное количество (для выполнения плана по расходу скрапа), догружать скрапом более крупных фракций;

- немагнитный скрап с автозаезда, загружаемый «Фуксом», не более 10 тонн на плавку. При загрузке на конвейер мелкого скрапа (фракцией менее 100 мм), расход скрапа с автозаезда не должен превышать 5 т;

- окалина МНЛЗ в количестве не более 5 тонн на плавку при выплавке полупродукта для низкоуглеродистых марок стали (12ГС, 09Г2С, С345, С355, S355, 17Г1С).

Масса остатка жидкого металла и шлака (болото) после выпуска предыдущей плавки составляет 40...60 тонн. Загрузка ДСП металлошихтой производится из расчета обеспечения веса жидкого металла в ковше после выпуска 115-120 тонн.

Плавление лома в ДСП с загрузкой через конвейер Consteel - происходит в режиме «ЖИДКАЯ ВАННА».

После расплавления первой загрузки следует подавать лом, скрап, чугун, ГБЖ, через конвейер Consteel. Шлакообразующие материалы и углеродсодержащие материалы фракцией 10-50 мм подавать посредством системы подачи материалов через свод.

Ввиду низкого уровня металла в печи на этом этапе, а также с целью получения заданного химического состава шлака, необходимо вместе с металлошихтой добавлять известь, доломит, магнезиальные материалы и УСМ. Кислород использовать для формирования вспененного шлака. Вспененный шлак сохранять для обеспечения защиты водоохлаждаемых панелей и огнеупорной футеровки, сокращения расхода электроэнергии и времени работы под током.

Кислород и УСМ использовать с начала плавки для получения химической энергии посредством окисления углерода и производства достаточного объема печного газа для формирования вспененного шлака с целью обеспечения защиты дуги и боковых стен.

Во время данного этапа процесса плавления интенсивность подачи металлошихты, извести, регулируется автоматически или рассчитывается сталеваром для поддержания температуры ванны 1530°C - 1560°C. Не допускается перегрев ванны на этапе завалки более 1600°C, для чего

в случае низкой скорости подачи металлошихты через конвейер отключать печь, выждать паузу для догрузки металлошихтой конвейером.

После завалки 95% металлошихты и ее расплавления произвести отбор пробы металла с помощью специальных пробоотборников для определения массовых долей углерода, марганца, кремния фосфора, серы, хрома, никеля и меди, и измерение температуры металла.



Для обеспечения требуемого содержания фосфора в полупродукте необходимо, к моменту полного расплавления отобрать пробу металла, при этом температура металла не должна превышать 1590 - 1600 °С. Требование к полупродукту для марки стали 12ГС представлено в таблице 4.1

Таблица 10 – Требования к полупродукту при поступлении на АКП

Марка стали	Массовая доля углерода, %		Массовая доля, %			
	в готовой стали	В первой пробе АКП	P	Cr	Ni	Cu
12ГС	0,09-0,15	Не более 0,09	Не более 0,015	Не более 0,3	Не более 0,3	Не более 0,3

После получения удовлетворительного содержания фосфора в полупродукте произвести замер температуры. При получении требуемой температуры металла для выпуска произвести повторное скачивание шлака и выпустить плавку. В случае недостаточной температуры металла для выпуска, включить печь для подогрева и произвести повторное скачивание шлака под дугой. При достижении требуемой температуры металла, выпустить плавку.

В первый период начала завалки в печь подавать известь со скоростью, обеспечивающей общий расход извести 5,0-6,0 тонн, до общей завалки металлошихты 80-85 тонн. В период с 85 до 105 тонн металлозавалки отдать 2 порции по 500 кг отсева известняка. Произвести скачивание шлака присадкой углеродсодержащего материала (фракции 0-50 мм) с 10 бункера порциями по 200 кг со скоростью 500 кг/мин. С последующего периода завалки, начиная с 105 до 160 тонн, производится отдача извести со скоростью 100-150 кг/мин, обеспечивая общий расход до 8 тонн, который может корректироваться на основании результатов анализа металла и шлаков ДСП. Основность шлака должна быть на уровне 1,6-2,0.

С каждой плавки отбирать одну пробу шлака перед выпуском плавки. В пробе шлака не должно быть посторонних примесей.

Шлаковый режим плавки в ДСП. Наведение шлака в ДСП производят путем присадки извести свежесожженной, магнезиального материала, брикетов из шлака АКП (известковошлаковые брикеты). Отдачу шлакообразующих материалов производить следующим образом:

1 Известь вводят в печь равномерно в процессе окисления и нагрева металла порциями по 100-300 кг/мин.

2 Отдачу магнезиального материала производят в начале плавки порциями по 100-200 кг массой 500-1000 кг.

3 Отдачу известковошлаковых брикетов производить одной порцией в один прием в течение первых 5-15 минут от начала плавки. Допускается производить отдачу брикетов порциями по 1000 кг при условии, что последняя порция будет загружена в печь не позднее 15 минут от начала плавки. После отдачи заданного количества брикетов из шлака АКП начать отдачу извести.

Расход брикетов на плавку устанавливается в зависимости от содержания серы в готовом металле и составляет от 0 до 2 т на плавку. При этом расход извести должен быть скорректирован с учетом коэффициента замены 1,9...2,0.

В процессе работы сталевар должен контролировать химический состав шлаков с предыдущих плавов. В случае содержания FeO более 30% для среднеуглеродистых, высокоуглеродистых сталей (содержание углерода более 0,15% в готовой стали) и более 34% для низкоуглеродистых сталей (содержание углерода менее 0,15% в готовой стали) на 2-х и более последних плавках, сталевар должен проверить работу инжекторов по вдуванию УСМ фракции 0,3-3мм и расход углеродсодержащих материалов.

Основность шлака (CaO/ SiO<sub>2</sub>), должна находиться в пределах 1,6-2,0. Если основность не соответствует данным значениям необходимо скорректировать расход извести из расчёта, что для снижения основности на 0,1 необходимо снизить, а для увеличения основности на 0,1 необходимо увеличить расход извести на 250 кг на плавку.

Для защиты футеровки печи от теплового излучения электрических дуг и увеличения съёма полезной мощности трансформатора, а также предотвращения насыщения стали азотом, на протяжении всей плавки запрещается допускать оголение дуг. Шлак должен находиться во вспененном состоянии, для чего в процессе шлакообразования в печь сверху присаживают сначала углеродосодержащий материал (фракцией 0-50 мм) и массой от 800 до 1500 кг с последующим вдуванием в печь углеродсодержащего материала (фракцией 0,3-3,0 мм) от 1500 до 2500 кг. Вдувание углеродсодержащего материала производить через 3 устройства. При невозможной операции вдувания углеродсодержащих материалов разрешается в печь вводить через свод углеродосодержащий материал массой до 1500 кг.

В процессе продувки кислородом вспененный шлак удаляется из печи самотёком через рабочее окно в шлаковый коридор, при этом не допускается сход металла в шлаковый коридор и оголение дуг.

При вызове погрузчика Либхер для уборки шлака в шлаковом коридоре водо-воздушная система орошения должна быть выключена за 5 минут до начала уборки, для предварительного испарения воды со шлаковой корочки.

Для предотвращения повышенного износа футеровки печи массовая доля оксида магния (MgO) в шлаке должна находиться в диапазоне от 8,0 до 12,0 % и корректироваться в зависимости от основности шлака и содержания в нем FeO. Для этого в печь в начале плавки отдавать магнийсодержащий материал массой 500-1000 кг порциями по 100-200 кг.

После окончания загрузки (95%) металлошихты и ее расплавления необходимо произвести первый замер температуры и отбор пробы на химический анализ.

При отборе проб и замере температуры в ручном режиме необходимо:

- до отбора пробы и замера температуры отключить 1 и 4 горелки, затем (после отбора и замера) включить;
- пробоотборник и термопреобразователь погружать в расплав стали на глубину 2/3 длины пробоотборника;
- время отбора проб - от 5 до 8 сек, время замера температуры - 5 сек;
- пробу охлаждать в воде до температуры, достаточной для последующего высыхания пробы.

Проба металла не должна содержать шлак. После получения требуемой температуры и удовлетворительного химического анализа первой пробы металла по содержанию основных элементов, кроме углерода, разрешается производить выпуск плавки по значению окисленности металла.

Выпуск металла осуществлять только при получении удовлетворительных результатов химического анализа последней пробы. Подготовка к выпуску плавки. За 5-8 минут до выпуска металла из печи наклонить печь не более чем на 2 градуса для скачивания шлака. Когда скачивание шлака завершено, наклонить печь обратно в горизонтальное положение. Стальковш должен быть подготовлен и перемещён в положение для выпуска плавки не более чем за 10 минут до выпуска. Температура футеровки стальковша должна быть не менее 1000 °С.

Раскисление полупродукта на выпуске. Ферросплавы и шлакообразующие для выпуска должны быть подготовлены. Рекомендуются расход раскислителей и шлакообразующих на выпуске из ДСП для стали 12ГС показан в таблице 11.

Для сталей с содержанием углерода в ковшевой пробе менее 0,15% в качестве раскислителей использовать ферросиликомарганец, ферросилиций и

алюминий (ферроалюминий). Алюминий применяется в виде чушек, пирамидок. В качестве шлакообразующего материала используются известь и магнезиальный материал.

Таблица 5.2 - Рекомендуемый расход раскислителей и шлакообразующих на выпуске из ДСП

Марка стали	Содержание углерода, %		Расход раскислителей и шлакообразующих, кг/пл						
	В готовой стали	В первой пробе АКП	SiMn	FeSi65	Лом алюминиевый, алюминий чушковой, алюминий в виде пирамидок	Карбид кальция	Феррохром	УСМ	Известь
12ГС	0,09-0,15	Не более 0,09	500	100	200	45-56	-	-	500

Разрешается производить раскисление полупродукта в ковше ручным способом, при этом отдавать материалы такие, как карбид кальция, чушковой алюминий взамен ферроалюминия. Перед отдачей карбида кальция подручный сталевара должен обязательно нарушить целостность барабана. Для этого его необходимо вскрыть или пробить в нем отверстие. На плавках стали марок СтЗсп и 09Г2С расход карбида кальция на плавку должен составлять 45-56 кг, на остальных марках стали - 60-84 кг. При этом необходимо учитывать, что отдача 45-84 карбида кальция повышает содержание углерода в первой пробе АКП не более 0,02%. Отдача карбида кальция или чушкового алюминия осуществляется под струю металла при наливке не менее 10-15 т.

Расчет по марганцу производить на нижний марочный предел, установленный требованиями нормативной документации, с учетом остаточного, без учета угара. Расчет по кремнию производить на 0,20 % без учета угара для сталей, нелегированных кремнием, и на 0,10 % выше нижнего марочного предела, без учета угара, для сталей, легированных кремнием.

При получении по расплавлению повышенного содержания цветных металлов, не регламентированных требованиями НТД, таких как Pb, Sb, Sn, Zn, плавка разбавляется чистой по цветным примесям металлошихтой до достижения допустимых пределов по химическому составу.

Допустимым пределом для безаварийной разливки на МНЛЗ принимаются следующие содержания примесей цветных металлов: Pb – 0,050 %; Sn – 0,150 %; Sb – 0,050 %; Zn – 0,050 % .

При отсутствии организационно-технической возможности разбавления плавки с повышенным содержанием цветных металлов, данную плавку выпустить в сталковш, раскислив металл, с доводкой на АКП для получения стали марки СтЗсп.

После достижения температуры выпуска кислородная и углеродная фурмы должны быть выключены. Несущие электрододержатели должны быть выставлены в положение «выпуск». Вывести из пространства печи соединяющую тележку. Как только соединяющая тележка начнет двигаться обратно, двигатель отключится автоматически. Гидравлический цилиндр остановится автоматически, когда достигнет координаты отвода. Управление наклона ДСП переключить с основного пульта управления на пульт поста управления выпуска. Сообщить оператору пульта управления выпуска о том, что печь готова к выпуску.

При готовности плавки к выпуску и получив подтверждение о том, что оборудование готово к выпуску, сталевар с главного пульта разрешает наклон ДСП, и даёт команду на выпуск, при этом указав подручному ДСП проводить раскисление УСМ или нет. После команды сталевара и передачи управления, подручный сталевара начинает процедуру выпуска плавки, для чего необходимо:

- убедиться, что сталковш расположен в положении «под печью» и включена донная продувка аргоном (азотом);
- убедиться, что ферросплавы и УСМ готовы для разгрузки в сталковш и тракт подачи переведен на отдачу в ковш;
- убедиться, что пульт управления для выпуска включён и соответствует настроенным значениям выпуска;
- наклонить печь на сторону выпуска на 4,5°;
- разблокировать механизм открытия эркера;
- отдать в ковш УСМ;
- открыть выпускное отверстие, в случае если не произошло самопроизвольного схода металла в ковш, то открывать используя кислород;
- после того, как сталь начинает течь в ковш, запустить систему разгрузки ферросплавов в ковш, которые дозированы и готовы к разгрузке. Раскислители должны быть отданы в ковш при наполнении его не менее на 20-30 тонн;

постепенно увеличить угол наклона печи для поддержания объема жидкой стали над выпускным отверстием. Максимальный угол наклона ДСП составляет 14°, при необходимости выпуска «насухо» угол наклона составляет 20°;

- поднимающийся уровень стали в ковше контролирует первый подручный сталевара, визуально, на пульте управления выпуском. Обратный наклон необходимо начать тогда, когда уровень стали достигнет необходимого свободного борта (400-500 мм), при этом необходимо учитывать, что при возврате печи в горизонтальное положение, в ковш дополнительно попадает до 2 тонн металла при новом эркере и до 10 тонн металла при старом эркере. Уровень металла по визуальной оценке должен составлять 300-400 мм от верхнего края футеровки ковша.

Высокая скорость возврата в обратное положение способствует уменьшению объема шлака, который проходит через выпускное отверстие, так как жидкое болото перемещается на сторону шлака. Возврат обратно при максимальной скорости продолжать до тех пор, пока угол наклона не уменьшится до 10°.

После наполнения ковша до необходимой массы можно вывезти сталевоз из-под печи для дальнейшей его транспортировки на АКП.

Во время и после выпуска осуществлять продувку аргоном через донную фурму стальковша не менее 2 минут. Расход аргона на аргонную пробку стальковша в момент выпуска плавки установить 150-160 л/мин. По окончании продувки производят измерение температуры металла и отбирают пробу металла. Продолжительность транспортировки ковша с металлом от выпуска из ДСП до постановки его на стенд АКП должна быть не более 20 минут. 65

Опишем технологические операции на АКП. При попадании печного шлака в ковш с полупродуктом ковш устанавливают на машину скачивания шлака (МСШ) для его удаления. Для начала скачивания шлака с помощью МСШ ковш необходимо слегка наклонить, а стрелу МСШ поднять на такую высоту, чтобы скребок пришел в соприкосновение со шлаком по центру ковша.

Рассмотрим технологию обработки стали на АКП. Необходимо провести стыковку аргонопровода с ковшом для донной продувки. Далее установить сталевоз с ковшом в положение «под крышкой», опустить свод на ковш, при этом необходимо состыковать газопровод с газоотводящим патрубком свода, до начала обработки стали в газопроводе создается разряжение. Расход аргона для

продувки стали устанавливается по «пятну» продувки визуально не более 0,5 м.

Для открытия продувочной пробки, которая забита, разрешается кратковременная подача аргона с давлением 1,6 МПа. Если через донный продувочный узел нет возможности продувки ковша, обработку металла ведут по резервной схеме с использованием аварийной фурмы верхней продувки, которая предварительно просушена на специальном стенде.

Режимы подачи аргона при нормальной работе пробки согласуются с выбранным режимом нагрева (ступенью мощности) работы АКП, периодом обработки и состоянием шлака:

- если при нагреве наблюдается от электродов повышенный шум при неустойчивом горении дуг, а так же значительных бросках напряжения,

необходимо снизить расход аргона или перейти на более низкую ступень напряжения до наведения необходимого уровня шлака;

- каждые 5 - 10 минут необходимо проводить визуальный контроль продувки, при этом оголение зеркала сплава должно составлять не более 0,5 м в диаметре.

- расход аргона может изменяться по периодам обработки стали в зависимости от состояния продувочного узла.

Через 3-5 минут после начала продувки аргоном измерить температуру и отобрать первую пробу металла. Температура металла для низкоуглеродистых марок сталей, в которую входит сталь 12ГС, перед отбором первой пробы в зависимости от содержания углерода должна составлять 1540 ( $\pm 10$ ) °С.

Далее включить дуговой нагрев металла на АКП и ввести первую порцию шлакообразующих материалов в количестве 100-150 кг. Нагрев металла необходимо начать с более низких ступеней мощности и далее переходить к более высоким ступеням после образования достаточно жидкоподвижного шлака. Ступень напряжения выбирается исходя из требуемой скорости нагрева стали.

Скорость нагрева 110 т металла на различных ступенях печного трансформатора в диапазоне рабочих токов показана в таблице 5.3

Таблица 5.3- Скорость нагрева 110 т металла на различных ступенях печного трансформатора в диапазоне рабочих токов.

№ ступени напряжения	Номинальное напряжение, В	Рабочий ток, кА	Коэффициент мощности, $\cos \phi$	Активная мощность, МВт	Скорость нагрева металла, °С/мин
19	318,5	25	0,89	12,3	3,9
		33	0,87	15,3	5,0
18	307,5	24	0,89	11,4	3,6
		32	0,87	14,8	4,7
15	274,7	21	0,89	8,9	2,8
		19	0,87	12,0	3,8
11	231,0	19	0,89	6,8	2,1
		25	0,87	8,7	2,8

Чтобы избежать повышенного износа футеровки ковша при малых расходах аргона (5-10мз/ч) не работают на повышенных ступенях мощности. В течение 5-8 минут происходит первая стадия нагрева металла в ковше до полного расплавления шлакообразующих материалов и усреднения шлака.

Суммарный расход шлакообразующих материалов на обработку металла – 10-15 кг/т (для марок стали с содержанием серы не более 0,02%), допускается увеличение расхода до 18 кг/т (для марок стали с содержанием сер менее 0,015%). Ввод шлакообразующих материалов необходимо выполнять порциями, масса которой не должна превышать 300 кг.

Состав шлакообразующей смеси и ее расход представлен в таблице 5.4



Таблица 5.4 – Состав шлакообразующей смеси

Наименование компонентов	Марка	Дополн. требования	Состав, %	Масса компонентов, кг при расходе смеси, кг/т стали			
				5	10	15	18
Известь	ИС-1	Срок хранения в расходных бункерах не более 16 часов	80	400	960	1200	1440
Плавиковый шпат	ФК75-ФК-92	-	12	60	144	180	216
Алюмотермический флюс	АТФ-65 АТФ-75	TiO <sub>2</sub> не более 3%					
Бой малых сводов	БМС	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> не более 3% Влага не более 1%					
Алюмошлаковые брикеты	АШБ-20 АШБ-50	TiO <sub>2</sub> не более 3%	8	40	96	120	144
Раскислитель стали и шлака алюмосодержащий	РСША	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> не более 3% Влага не более 1%					
Общий расход			100	500	1200	1500	1800

Перед рафинированием металла, необходимо замерить температуру и отбирают вторую пробу металла. После проведенного химического анализа определяется дальнейший режим обработки металла. Проводят корректировку химического состава с помощью ввода ферросплавов и шлакообразующих материалов для наведения рафинирующего шлака.

Корректировка химического состава сплава производится по расчету на целевое содержание ведущих элементов для данной марки стали.

Присадки ферросплавов производят в следующем порядке:

- вносят присадки порций ферросплавов, визуальнo контролируя их прохождение и усвоение;
- устанавливают повышенный расход аргона (до 25 мз/ч);
- через 2 минуты после прохождения последней порции, расход аргона уменьшают;
- добиваются получения однородного высокоосновного хорошо раскисленного жидкоподвижного шлака.

При этом разовая порция ферросплавов не должна превышать 100 кг.

Корректировка содержания массовой доли углерода в металле производится путем присадки углеродсодержащих материалов фракции 0,5-10 мм, через систему сыпучих материалов, на продувочное пятно (порциями, массой не более 50 кг), или вводом углеродсодержащих материалов через устройство для вдувания порошкообразных материалов. Окончательную корректировку химического состава стали, вне зависимости от количества присаживаемых материалов, производят не позднее, чем за 10 минут до окончания обработки металла на АКП

После окончания обработки металла на АКП-100 отключить подачу аргона, выкатить сталеvoz в промежуточное положение и отсоединить аргонопровод. После в сталеvoz добавить 1 мз теплоизоляционной смеси марки ТИС 20. После этого ковш краном снять сталеvoz и передать на разливку или стенд ожидания.

					КП ТнТЭС.13.2022.02.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		29

					КП ТнТЭС.13.2022.04.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		7

					КП ТнТЭС.13.2022.02.00.000 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

