

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно–Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте
Факультет «Техники и технологии»
Кафедра «Техника и технологии производства материалов»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
проф., д.т.н. И.В. Чуманов

«__» _____ 2021 г.

Разработка режимов термомеханической обработки стали марки ЧС82-Ш в
условиях ООО «ЗМЗ»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

ЮУрГУ – 22.03.02.2021.320.00.00. ПЗ ВКР

Руководитель проекта

_____ проф., к.т.н.
В.И. Чуманов

«__» _____ 2021 г.

Автор проекта

студент группы ФТТ-534

_____ М.С. Шовкань

«__» _____ 2021 г.

Технический контроль

_____ к. т. н., доцент
А.В. Рябов

«__» _____ 2021 г.

Нормоконтроль

_____ инженер В.В. Седухин

«__» _____ 2021 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1 МАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ МАРОК СТАЛИ	11
1.1 Современное состояние черной металлургии	11
1.2 Назначение коррозионностойких марок стали и потребности в них	12
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	19
2.1 Назначение стали марки 04X13T3P1Ф (ЧС82)	19
2.2 Технологическая схема производства стали марки 04X13T3P1Ф (ЧС82-Ш)	26
2.3 Технология производства стали марки ЧС82-Ш	26
2.3.1 Общие положения	26
2.4 Выплавка	27
2.4.1 Индукционная печь	27
2.4.2 Электродуговая печь	30
2.4.3 Выпуск металла	37
2.5 Электрошлаковый переплав	37
2.6 Анализ существующей технологии производства ЭШП слитков из стали марки ЧС82-Ш на ОАО «ЗМЗ»	46
3 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОКАТА СТАЛИ МАРКИ 04X13T3P1Ф (ЧС82-Ш)	50
3.1 Технологическая цепочка	50
3.2 Посадка и нагрев слитков в методической печи стана «1150»	51
3.2.1 Требования к исходным слиткам и их посадке в методическую печь	51
3.3 Посадка и нагрев холодных слитков в методическую печь	53
3.4 Прокат на стане «1150»	54

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

3.5 Передача металла после охлаждения на термообработку	57
3.6 Термообработка металла в печах высокого отпуска	58
3.7 Посадка и нагрев блюмов в методической печи стана «750»	60
3.8 Прокат на стане «750» 04X13ТЗР1Ф (ЧС82-Ш)	64
3.9 Прокат на стане «400» марки стали 04X13ТЗР1Ф (ЧС82-Ш)	66
4 ОХРАНА ТРУДА, ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ГРАЖДАНСКАЯ ОБОРОНА	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	74
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	75

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		7

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня без высококачественного металла технический прогресс просто невозможен. В конце пятидесятых начале шестидесятых годов в практику электрошлакового производства были внедрены новые способы улучшения качества металла. Широкое применение получил один из ведущих и перспективных технологических процессов в области специальной электрометаллургии электрошлаковый переплав.

Способ ЭШП расходуемых электродов в водоохлаждаемый кристаллизатор как рафинирующий процесс насчитывает пятидесятилетнюю историю. Эффективная обработка металла протекает на всех стадиях его контакта со шлаком: в пленке металла, на плавящемся торце расходуемого электрода, при прохождении капель расходуемого электрода через шлаковую ванну и в металлической ванне формирующегося слитка /1/.

К преимуществам ЭШП следует отнести то, что этот процесс устойчив на переменном токе промышленной частоты, т.е. может быть реализован с использованием более простого электрооборудования; наличие шлаковой ванны в кристаллизаторе обеспечивает защиту жидкого металла от воздействия с окружающей атмосферой, что исключает необходимость герметизации плавильного пространства и значительно упрощает оборудование. Металл, подвергшийся электрошлаковому переплаву, отличается высокой частотой по неметаллическим включениям, свободен от различного рода литейных дефектов ликвационного и усадочного происхождения, обладает высокой физической однородностью и чрезвычайно высокой плотностью структуры.

Как известно сущность ЭШП состоит в плавлении изготовленного из металла, в основном открытой плавкой, расходуемого электрода в слое расплавленного шлака. Направленную кристаллизацию металла обеспечивают условия непрерывного подвода тепла сверху (от электродного металла и шлаковой ванне) при отводе тепла в стенку кристаллизатора и в слиток. Такому виду кристаллизации способствует также наличие шлакового гарнисажа,

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		8

уменьшающего теплоотвод в горизонтальном направлении, который кроме того, обуславливает получение слитка с гладкой поверхностью.

Электрошлаковый переплав является достаточно гибким процессом, так как, меняя сечение расходуемого электрода, состав применяемого флюса и его количества, а также электрические параметры процесса, удается довольно в широких пределах регулировать скорость плавки. Кроме того, при электрошлаковом процессе имеется возможность получения слитков разнообразного сечения (круглого, квадратного, прямоугольного с большим соотношением длин широкой и узкой сторон). Методом электрошлакового переплава можно получить отливки самой различной формы (полые заготовки, заготовки прокатных валков, сосудов высокого давления, крупной запорной арматуры высокого давления, заготовки коленчатых валов и шатунов судовых двигателей и некоторые другие изделия).

Отметим, что на современном этапе ни о каком сокращении производства металла ЭШП в странах СНГ, и за рубежом (годовой объем производства металла ЭШП в мире - 800 тыс. тонн) говорить не приходится: существующее оборудование загружено, сооружаются и новые агрегаты ЭШП. Тем не менее специалистам в области переплавных процессов как в странах СНГ, так и за рубежом хорошо известно, что основным фактором, ограничивающим применение ЭШП и с экономической, и с технической точек зрения, является не только высокий расход электроэнергии, связанный с необходимостью расплавления расходуемого электрода, но и собственно изготовление расходуемого электрода.

Имеющееся на заводах качественной металлургии России оборудование для выплавки и переплава металла специальными методами и накопленный технологический опыт позволяют производить весь спектр сплавов и стали для современной промышленности.

Основные преимущества электрошлакового переплава перед другими способами получения слитка методом переплава:

- простота его обслуживания;

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		9

- возможность управления направлением и скоростью кристаллизации слитка;
- отсутствие усадочной раковины и пористости;
- обеспечение такого качества поверхности, которое исключает необходимость в зачистке при горячей обработке;
- разнообразная геометрия электродов и кристаллизаторов позволяет получать слитки разнообразного сечения, фасонные отливки и полые изделия;
- хорошая рафинирующая способность процесса от неметаллических включений;
- возможность корректировки химического состава металла путем применения соответствующего флюса;
- повышение плотности металла;
- улучшение коррозионной стойкости металла;
- повышение однородности структуры и химического состава;
- общее улучшение характеристик пластичности и вязкости металла;
- возможность управления направлением и скоростью кристаллизации.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		10

1 МАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ МАРОК СТАЛИ

1.1 Современное состояние черной металлургии

Сталь является одним из самых важных продуктов, которые определяют экономическую мощь той или иной страны. Сталелитейные предприятия являются самым большим сегментом производства, который формирует тяжелую промышленность. Производство стали в мире по итогам 2018 года составило почти 1,809 миллиарда тонн, что на 4,6 % меньше по сравнению с уровнем 2017 года.

По производству стали Россия по итогам 2018 г. занимает 5 место в мире, уступая лидерство Китаю, Индии, Японии и США, а по экспорту стального проката - 3 место, пропустив вперед Китай и Японию. В целом доля металлургии в промышленности РФ составляет около 16 %, в экспорте также около 16 %, являясь при этом одним из наиболее крупных потребителей продукции и услуг естественных монополий - около 35 % железнодорожных перевозок, 30 % электроэнергии, 25 % природного газа, 10 % нефти и нефтепродуктов /2/.

Официально считается, что в металлургический комплекс России входит около 3 тыс. предприятий и организаций, в том числе 290 – в черной и 530 – в цветной металлургии непосредственно производящих металлопродукцию, с общей численностью промышленного персонала свыше 1,2 млн (из них около 670 тыс. человек - в черной металлургии, в цветной металлургии - около 560 тыс. человек.). Более 70 % предприятий металлургии являются градообразующими /3/.

Для всех подотраслей черной металлургии характерна высокая степень концентрации производства. «Большая девятка» (ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат», ПАО «Череповецкий металлургический комбинат», ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат», АО Евраз «Нижнетагильский металлургический комбинат», ПАО «Челябинский металлургический комбинат», ОАО «Новокузнецкий металлургический комбинат», ЗапСиб, АЦ «Уральская Сталь», АО «Оскольский электрометаллургический комбинат») по прежнему выпускает 89% проката черных металлов. Производство стальных труб

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		11

сосредоточено на 46 предприятиях, но основной объем выпуска (около 79 %) обеспечивается соответственно «большой семеркой» (ООО «Челябинский тракторный завод», АО «Волжский трубопрокатный завод», АО «Выксунский металлургический завод», АО «Первоуральский новотрубный завод», АО «Таганрогский металлургический завод», АО «Синарский трубный» и АО «Северский трубный завод») /4/.

В 2018 г. российские мощности по производству труб большого диаметра (используются для строительства магистральных трубопроводов) достигли 5,67 млн т. Но загружены были только на 46,7 %. В 2019 г. они увеличатся до 5,92 млн т, а использоваться в работе будет лишь 37,8 %, следует из презентации Фонда развития трубной промышленности (ФРТП).

Такая тенденция на рынке труб наблюдается последние несколько лет и связана с тем, что основной их потребитель – «Газпром» – завершает строительство масштабных проектов. С 2015 г. концерн снизил закупку труб в 2 раза до 1,15 млн т в 2018 г. Второй крупнейший промышленный потребитель труб – «Транснефть». Компания нуждается в трубах только для ремонтных и промышленно-эксплуатационных целей. В 2018 г. ее потребление составит 250 000 т, прогнозируют эксперты ФРТП

1.2 Назначение коррозионностойких марок стали и потребности в них

Российский рынок металла сегодня находится в достаточно неопределенной ситуации. С одной стороны, экономика стабильно развивается, и увеличивается общее потребление металла, в том числе и нержавеющей. С другой стороны, стоимость металла постоянно растёт, что является сильным тормозом развития.

Это привело к тому, что произошло сильное сокращение потребления стали типа 12X18H10T и рост потребления безникелевых сталей. В первую очередь речь идет о безникелевых сталях. Стали типа 08X17 с пониженным углеродом (0,02—0,03%) являются оптимальным массовым материалом для большинства отраслей промышленности, сочетая достаточно хорошую коррозионную стойкость, пластичность и свариваемость при ценах на 20–30 % ниже цен на никелевый

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		12

прокат. Для строительства, среднего и тяжелого машиностроения оптимальными марками являются стали типа 08X13 с углеродом не более 0,03 % и зарубежные аналоги AISI 409, 410. Эти стали прекрасно свариваются в любых толщинах и имеют очень удачное сочетание механических свойств при цене на 40–50 % ниже цен на 12X18Н10Т. Этому есть логичное объяснение: аустенитные хромоникелевые стали имеют традиционно низкие прочностные свойства (особенно предел текучести), что сильно ограничивает их использование. Многочисленные данные говорят о мощнейшем строительном и машиностроительном потенциале российской экономики /5/. А рост этих отраслей невозможен без дешевых высокопрочных материалов. Оптимальными материалами для российской промышленности являются безникелевые стали, стоящие в 1,5–3 раза дешевле никельсодержащих сталей. Современный уровень развития металлургии позволяет получать безникелевые стали с великолепной свариваемостью, высокой стойкостью в различных агрессивных средах, высокой прочностью и вязкостью.

Сейчас на российском рынке появился новый класс сталей – аустенитно-мартенситные стали с повышенным содержанием хрома (до 24 %) и невысоким содержанием никеля (2–6 %), дополнительно легированные алюминием, титаном, кремнием, медью, азотом. Характерные особенности новых сталей — высокая прочность (900–1500 МПа) и пластичность на уровне сталей 12X18Н10Т и 08X18Н9 при сверхвысокой коррозионной стойкости (приближенной к стойкости марки 08X17Н13М2Т и даже превышающей ее). Благодаря экономии на никеле новые стали будут стоить на 10–30 % дешевле стандартных никелевых.

Другой сильно недооцененный тип сталей – безникелевые и мало никелевые стали с повышенной коррозионной стойкостью в агрессивных средах. Это низкоуглеродистые высокохромистые стали с добавками молибдена, титана и ванадия, коррозионная стойкость которых превышает стойкость стали 08X17Н13М2Т и приближена к стойкости сталей типа 06ХН28МДТ при более низкой (в 2–4 раза) цене. Поэтому из-за низкого содержания углерода стали сохраняют пластичность, вязкость и хорошо свариваются /6/.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		13

На базе безникелевых сталей существует также много вариантов легирования (алюминием, медью, ниобием, молибденом, марганцем, бором)

для повышения каких-либо специальных свойств (жаропрочности, стойкости к коррозии в определенных средах, пластичности и т.д.). Такой подход позволяет предложить практически каждой отрасли промышленности наиболее оптимальный с точки зрения конкретных условий материал при минимуме затрат.

Сильно недооценена группа высокопрочных сталей, имеющих сверхвысокий потенциал. Это в первую очередь стали с пределом текучести 700–1000 МПа и выше, позволяющие экономить до 50 % на весе металла, что косвенно обеспечивает значительный выигрыш по цене. Речь идет о группе сталей на базе марок X15H4 или X22H5 с дополнительным легированием медью, марганцем, кремнием, ниобием, ванадием, азотом. Стоимость таких сталей с учетом легирования находится на уровне стоимости марки 12X18H10T, но за счет повышенной прочности экономия при использовании может составить от 20 до 50% общей стоимости материалов.

Кроме этого, новые коррозионностойкие материалы могут существенно расширить существующие границы использования и выйти на нетрадиционные для них рынки:

- оцинкованный прокат и стали с полимерными покрытиями;
- черные трубы, трубы с покрытиями, теплостойкие трубы.

Оба этих сектора рынка огромны — десятки тысяч тонн проката в месяц. Для вхождения на рынок требуется недорогой нержавеющий штрипс по цене 700–1000 долл./т, производство которого не является неразрешимой проблемой. Конечно, это будет не нержавейка в классическом понимании, а материал с повышенной коррозионной стойкостью на базе сталей типа 03X5 или 03X9 с оптимизированным легированием недорогими элементами. Отличная свариваемость и способность к формоизменению и любой обработке без потери коррозионных свойств сделают такой металл сверх конкурентным на рынке и обеспечат взрывной рост потребления.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		14

Постоянный рост требований к изделиям из металла способствует активной разработке новых марок нержавеющей стали со специальными свойствами.

Ниже дан краткий обзор наиболее перспективных материалов, имеющих широкое промышленное применение /7/.

Для изготовления тары для пищевых продуктов предложена серия безникелевых сталей с содержанием хрома 13 % и углерода 0,4–1,0 %. Благодаря дополнительному легированию молибденом, ванадием и вольфрамом (0,10–0,30 % каждого элемента) стали имеют высокую износостойкость и стойкость к разупрочнению при отпуске (разработка компании Aichi Steel).

Для ножевых изделий высокого качества компанией Aichi Steel предложены безникелевые нержавеющие стали на основе стали (0,75–1,2) %C; (16–18) %Cr. Оптимальное сочетание коррозионной стойкости, износостойкости и режущих свойств имеет сталь (0,80–0,95) %C; 17 %Cr; (1,0–1,5) %Mo; (0,05–0,25) %V.

Для реактивных (высоко солевых) пищевых сред компанией Nippon Steel разработана супер нержавеющая сталь 0,01 %C; 0,2 %N; 20 %Cr; 18 %Ni; 6 %Mo; 0,7 %Cu. Благодаря удачно подобранному химическому составу сталь обладает сверхвысокой стойкостью к коррозии, приближенной к стойкости титана и значительно превышающей стойкость стали типа 316. При этом сталь отличается прекрасными эксплуатационными характеристиками — хорошо сваривается и штампуется, имеет высокую коррозионную стойкость сварного шва, что позволяет использовать ее для производства изделий любого типа (листа, труб, сорта).

Для использования в хлоридных средах высокой концентрации и любых пищевых кислотах фирмой Sumitomo Metal Industries предложена экономно легированная никелем нержавеющая сталь состава 0,27 %N; 25 %Cr; 7 %Ni; 3 %Mo; 2 %W, имеющая повышенную коррозионную стойкость по сравнению со сталью 316. Сталь обладает высокой стойкостью к язвенной и щелевой коррозии, аналогичной стойкости сталей с большим содержанием никеля и молибдена (20–25 и 5–6% соответственно). Новая сталь является идеальным конструкционным материалом — ее предел прочности в полтора раза, а предел текучести в два раза

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		15

превышают аналогичные показатели стали 316, что позволяет экономить на массе материалов. Листы из этой стали обладают хорошей свариваемостью.

1.3 Требования к коррозионностойким маркам стали.

Коррозионностойкие марки стали имеют очень обширное применение, поэтому они могут поставляться:

- в прутках диаметром до 150 мм по ГОСТ 2590-71 обычной точности прокатки.

- горячекатаных прутков круглого сечения диаметром 8...85 мм;

- горячекатаных прутков квадратного сечения со стороной квадрата 30...85 мм;

- кованных прутков круглого и квадратного сечения размером 80...150 мм;

- кованных полос прямоугольного сечения толщиной 50...140 мм и шириной 100...200 мм. Длина полос 1200...1500 мм. Допускается отклонение по толщине и ширине $\pm 3\%$.

Технические требования

Химический состав стали и допустимые отклонения по химическому составу должны соответствовать требованиям ГОСТ 5632-72.

Макроструктура стали на поперечных протравленных темплетах не должна иметь видимых без применения увеличительных приборов следов усадочной раковины, пузырей, плен, трещин, свищей, шлаковых включений.

На макротемплете допускается наличие дефектов, степень развития которых не превышает норм, приведенных в таблице 1 по шкалам ГОСТ 10243-62.

Таблица 1 – Допустимое наличие дефектов, степень развития которых не превышает норм по шкалам ГОСТ 10243-62

№ п/п	Наименование дефекта	№ шкалы	Балл дефекта, не более
1	Центральная пористость	1	1
2	Точечная неоднородность	2	3

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		16

3	Подусадочная ликвация	6	1
4	Квадрат повышенной травимости	Браковочным признаком не является	
5	Послойная кристаллизация	Браковочным признаком не является	

Сталь контролируется на содержание неметаллических включений. Загрязненность стали неметаллическими включениями не должна превышать в баллах:

- сульфиды (С) – 1,5;
- оксиды строчечные (ОС) – 2,0;
- оксиды точечные (ОТ) – 2,0;
- силикаты хрупкие (СХ) – 2,0;
- силикаты пластичные (СП) – 2,0;
- силикаты нежеформирующиеся (СН) – 3,0;
- нитриды точечные (НТ) – 3,5;
- нитриды строчечные (НС) – 3,5.

Оценку качества стали по макроструктуре производят на темплетях, взятых от готового сорта, по шкале эталонов ГОСТ 10243-62. Допускаются дефекты на превышающие первого балла. Послойная кристаллизация, а также повышенная или пониженная травимость осевой зоны не являются браковочным признаком.

Сталь не должна обладать склонностью к межкристаллитной коррозии.

Заводу-поставщику предоставляется право гарантировать отсутствие склонности к межкристаллитной коррозии без проведения испытания.

В сертификате записывается фактический балл по альфа-фазе.

По требованию завода-потребителя, оговоренному в заказе, прутки квадратного сечения и полосы поставляются со сплошной обдиркой поверхности.

По требованию потребителя, сталь проверяется на загрязненность неметаллическими включениями. Виды контролируемых включений и нормы устанавливаются соглашением сторон.

Качество поверхности прутков должно соответствовать ГОСТ 5949-61.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		17

Сталь, предназначенная для горячей высадки, что оговаривается в заказе, должна выдерживать испытание на осадку: на осаженном образце не должно быть надрывов, образовавшихся от раскрытия поверхностных или подкорковых пузырей.

Прутки, порезанные на прессах, могут сдаваться со смятыми концами: заусенцы на концах штанг должны быть зачищены.

Качество поверхности прутков и механические свойства стали должны соответствовать ГОСТ 5949-61.

Примечание: заводу-поставщику предоставляется право гарантировать соответствие механических свойств требованиям настоящих технических условий без проведения контроля.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		18

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Назначение стали марки 04X13ТЗР1Ф (ЧС82)

Надежность работы атомных электростанций является важным моментом определяющим направление развития энергетики. Одним из основных конструкционных материалов для АЭС должна быть коррозионно-стойкая сталь, сочетающая в себе хорошие технологические, эксплуатационные и экологические свойства, однако для правильного назначения марки стали, режимов ее термической и механической обработки, режимов сварки, гибки и других технологических операций требуется тщательное изучение структуры и ее влияния на свойства. Особый подход к этому вопросу обусловлен тем, что сталь должна работать весьма длительное время в сложноподвижном состоянии и при непрерывном облучении. Кажущаяся на первый взгляд высокая структурная стабильность аустенитных композиций нарушается и для стали столь ответственного назначения этого нельзя не учитывать.

В 1980-е годы значительно увеличился объем исследований борсодержащих сталей и расширилась область их применения в атомной энергетике. Это связано с тем, что сечение захвата нейтронов бором в 300 раз больше чем железом. С использованием этого эффекта для атомной промышленности разработали легированные бором коррозионностойкие аустенитные стали 04X13ТЗР1Ф-ВИ (ЧС82-ВИ), 04X13ТЗР1Ф-ПТ (ЧС82-ПТ) и 04X14ТЗР1Ф-Ш (ЧС82-Ш) по ТУ 14-242-275-89.

Вследствие склонности бора к ликвации легированные бором аустенитные стали, выплавленные в дуговых печах неоднородны по химическому составу и механическим свойствам. Для получения металла, однородного по составу и свойствам, а также для повышения его пластичности при горячей обработке давлением целесообразно использовать ЭСП /8/.

Особенностью борсодержащих сталей является их высокая технологическая пластичность. В отечественной практике разработаны и нашли широкое применение борсодержащие стали различных систем легирования. Однако

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		19

несмотря на видимое технологическое преимущество их внедрение в массовое производство сдерживается рядом чисто технологических трудностей к числу которых прежде всего следует отнести необходимость предотвращения связывания бора в нитриды при выплавке стали, так как на характеристики стали оказывает влияние не весь, а только эффективный (чистый) бор. При этом в случае борсодержащих сталей традиционный подход - общее содержание легирующих элементов отходит на второй план, уступая место форме присутствия элементов в стали, неучет которой приводит к возникновению нестабильности свойств. Этим объясняется довольно низкая доля борсодержащих сталей отечественными заводами (н.б. 45 %) в то время как на американских заводах 80 – 90 %.

Основное назначение бора – препятствовать распространению межкристаллитного разрушения в стали, подвергаемой воздействию высокотемпературных напряжений. У бора такая же диффузионная способность, как и у углерода и он таким же путем выпадает в форме боридов и углеборидов во время медленного охлаждения с температуры отжига на твердый раствор. При высокотемпературных выдержках бор облегчает сегрегацию углерода в виде очень мелких и однородно распределенных карбидов, он также способен замещать некоторое количество атома углерода с образованием $M_{23}(C, B)_6$. Этот карбид, размер которого немного больше, чем решетка $M_{23}C_6$ (С- атомный радиус 0,077нм. В-0,0825нм.) имеет способность уменьшать скольжение границ зерен и рост межкристаллитных пустот, вызываемых ползучестью. Замещение углерода атомами бора может способствовать упрочнению выделений и тем самым увеличению прочности при скольжении.

Влияние бора, как уже было сказано выше, состоит в том, что он способствует образованию мелких и однородных дисперсных выделений. С этой целью бор должен быть соответственно распределен внутри аустенитной матрицы. Уместно сказать о полезном влиянии бора (когда его содержание больше, чем 0,003 %) как стабилизирующего элемента, который сдерживает образование α -фазы благодаря вмешательству карбоборидов. Чем выше значение отношения В/С, тем в большей

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		20

степени проявляется влияние бора.

Сталь ЧС82-Ш применяется в атомной промышленности для изготовления защитных чехлов, замедляющих нейтронное излучение и позволяющих в 2–3 раза уменьшить расстояние между сборками для максимального уплотнения отработанного топлива. Это актуально для реакторов ВВЭР–1000, активная зона которых состоит из 153 топливных кассет. Данная марка стали является коррозионно-стойкой, аустенитной, низкоуглеродистой, необходимым условием для получения заданных свойств является отношение Ti:В 2:1 при содержании В не менее 1,5 %.

Основные показатели и преимущества данной группы сталей:

- в отличие от сложнoleгированных хромоникелевых сталей и сплавов, применяемых в реакторостроении, практическое отсутствие в своем марочном составе элементов, дающих под облучением долгоживущие изотопы и радионуклиды с высокой энергией γ -излучения;

- применение рекомендуемых малоактивируемых сталей в атомной и термоядерной энергетике существенно улучшает радиационные характеристики реакторного оборудования в процессе длительной эксплуатации;

- повышается общая радиационная и экологическая безопасность, снижаются дозовые нагрузки на обслуживающий персонал при ремонте и демонтаже отработавшего реакторного оборудования, сокращаются сроки утилизации и период захоронения радиоактивных отходов, что улучшает экологическую обстановку и снижает радиоактивное загрязнение окружающей среды до требований международных санитарных норм и стандартов;

- замена дорогостоящих и дефицитных хромоникелевых сталей и сплавов на более дешевые безникелевые стали.

Основным потребителем данной стали является ОАО «Челябинский трубопрокатный завод», осваивающий технологию производства шестигранных труб из стали ЧС82-Ш.

Химический состав стали.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		21

Сталь 04X13ТЗР1Ф-Ш (ЧС82-Ш) - коррозионностойкая, выплавленная в индукционных, в открытых дуговых печах с последующим электрошлаковым переплавом. Заготовка изготавливается методом свободнойковки на прессах и молотах. Слитки изготавливаются из стали марки ЧС-82Ш, выплавленной с электрошлаковым переплавом/9/.

Химический состав стали марки 04X13ТЗР1Ф (ЧС-82) должен быть в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2- Химический состав стали марки 04X13ТЗР1Ф (ЧС-82)

В процентах

C	Si	Cr	B	Ti	V	Mn	Al	Ni	S	P
	н.б.									
0,02	-	13,00	1,30	2,30	0,15	-	-	-	-	-
0,06	0,50	16,00	1,80	3,50	0,30	0,50	0,50	0,50	0,02	0,03

Примечание:

1. В готовой продукции допускаются отклонения по химическому составу: по углероду +0,01 %, по хромю +0,5 %, по борю +0,1 %, по титану +0,5 %, по ванадию +0,1 %, по алюминию +0,2 %, по кремнию +0,1 %, по никелю +0,15 %. Для остальных элементов предельные отклонения по ГОСТ 5632-72.

2. Массовая доля остаточных элементов по ГОСТ 5632-72.

3. РЗМ вводятся в количестве до 1,3 кг/т по расчету и химическим анализом не определяются.

4. Для легирования стали применяется ферробор, выплавленный из необходимого боросодержащего сырья Дальнегорского объединения «Бор».

Сортамент стали марки 04X13ТЗР1Ф (ЧС-82).

Сортамент данной марки стали - это трубная заготовка или слиток /10/.

Требования к слитку:

1. Слиток диаметром 460 мм длиной 1750 мм из стали марки 04X13ТЗР1Ф-Ш (ЧС82-Ш), выплавленный электрошлаковым переплавом, обозначается: слиток 460 × 1750 – 04X13ТЗР1Ф-Ш (ЧС82-Ш) - ТУ 14-1.4599-82.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		22

2. Заготовка изготавливается диаметром 215 мм длиной 1850 мм. Допускается отклонение по длине ± 50 мм, по диаметру по ГОСТ 2590.

В таблице 3 приведены размеры и предельные отклонения поставляемых слитков

Диаметр, мм	Предельные отклонения по диаметру, мм	Технологическая норма обрезки, кг, не более		Длина, мм	Предельные отклонения по длине, мм
		головная	донная		
460	± 10	100	130	1750	± 70
480	± 10	100	130	1650	± 70

Таблица 3 - Размеры поставляемых слитков

3. Один торец заготовки должен быть обрезан, при этом косина реза не должна превышать 7 мм. На втором торце заготовки разрешается наличие сферичности или утяжки. Центровочные отверстия на торцах заготовок разрешается не удалять. Качество торцов (поверхности) не регламентируется.

4. Кривизна заготовки не должна превышать 5 мм на 1 м длины.

Технические требования, предъявляемые к стали 04X13ТЗР1Ф (ЧС82).

1. Заготовка изготавливается в ободранном состоянии. Шероховатость поверхности должна быть не более 80 мкм ГОСТ 2789 или соответствовать эталонам, утвержденным в установленном порядке.

2. Уков заготовки должен быть не менее 3 по отношению площадей среднего сечения слитка и заготовки.

3. На наружной поверхности заготовки не должно быть трещин, плен, рванин, закатов, раскованных загрязнений видимых без применения увеличительных приборов. Местные дефекты должны быть полностью удалены пологой вырубкой или зачисткой наждачными кругами.

Глубина вырубki или зачистки не должна превышать суммы предельных отклонений, считая от номинального диаметра заготовки. При этом ширина вырубki или зачистки должна быть не менее ее шестикратной глубины. В одном сечении допускается не более двух зачисток максимальной глубины. Диаметрально противоположные зачистки (максимальные) не допускаются.

Допускаются без зачистки отдельные мелкие царапины, отпечатки и другие дефекты, если глубина их залегания не превышает 1 мм.

4. Заготовку изготавливают в отожженном состоянии.

5. Механические свойства заготовки, определяемые на термически обработанных образцах при комнатной температуре должны соответствовать требованиям таблицы 4. Разрешается механические испытания не проводить, а свойства таблицы 4 гарантировать.

Режим термообработки образцов	Механические свойства, не менее		
	Временное сопротивление, σ_1 , /мм ² (кгс/мм ²)	Предел текучести, σ_T , Н/мм ² (кгс/мм ²)	Относительное удлинение, δ_5 , %
Отпуск 650-700°C, выдержка 60 мин, охлаждение на воздухе	Не менее 440 (45)	Не менее 245 (25)	Не менее 10

Таблица 4 - Механические свойства

6. Макроструктура заготовки при проверке на поперечных протравленных темплетах не должна иметь подусадочной рыхлости, подкорковых пузырей, кованных трещин, инородных неметаллических включений, корочки и других дефектов, видимых без применения увеличительных приборов. Краевая титанистая неоднородность не допускается.

Допустимые дефекты не должны превышать:

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		24

- по точечной неоднородности - 3 балла;
- по центральной пористости - 3 балла;
- по ликвационному квадрату - 4 балла;
- повышенная травимость в виде мелких точечных растратов, расположенных по сечению, оцениваемая по шкале точечной неоднородности должна превышать 3 балла.

7. Термически обработанные по режиму, указанному в таблице 3, образцы металла заготовки проверяются на склонность к межкристаллической коррозии. Разрешается испытание на склонность к межкристаллической коррозии не проводить, а гарантировать в объеме технических условий.

8. Трубная заготовка подвергается 100 % контролю УЗК. Результаты контроля УЗК макроструктуры слитков на первых 20 травках сдаточными не являются. Слой смазки после контроля УЗК должен быть удален протиркой ветошью.

9. Слитки поставляются в механически обработанном состоянии. Поверхность слитков должна быть без плен, заворотов, корки, раковин, трещин, инородных неметаллических включений. На поверхности слитков допускается удаление местных дефектов вырубкой или зачисткой на глубину не более 10 мм с пологим развалом, обеспечивающим отношение глубины зачистки к ширине не менее 1:6. Диаметрально расположенные места вырубki или зачистки не допускаются. Глубина дефектов на донной и головной обрeзи не контролируются, дефекты не удаляются.

Допускается ступенчатая механическая обработка (разность диаметров по длине слитка не более 10 мм) с плавной зачисткой мест перехода резцом или абразивом.

10. Слиток поставляется в отожженном состоянии по режиму изготовления.

11. Отсутствие внутренних несплошностей в макроструктуре, а именно: трещин, подсадочной раковины, подкорковых пузырей, расслоения, флокенов, шлаковых включений определяется контролем УЗК.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		25

2.2 Технологическая схема производства стали марки 04X13T3P1Ф (ЧС82-Ш)

2.3 Технология производства стали марки ЧС82-Ш

2.3.1 Общие положения

Химический состав стали ЧС82-Ш должен быть в соответствии с ТУ

14-1.4599-82. Рекомендуется в готовом металле иметь отношение титана к бору 2:1, а содержание бора не менее 1,5 %.

Выплавка исходного металла должна производиться методом смешения плавов, выплавленных переplавом легированных отходов, переplавом легированных отходов с окислением кислородом или на углеродистых отходах с окислением окатышами (рудой) в электродуговой печи номинальной емкостью 5 тонн и переplавом легированных отходов в индукционной печи.

- Требования к шихте, ферросплавам, окислителям, шлакообразователям и их подготовка

В качестве шихтовых и добавочных материалов должны использоваться:

отходы стали ЧС82 (до 50 %, в том числе стружки до 20 % от массы завалки);

мягкое железо или отходы электротехнической стали с содержанием углерода не более 0,02 % и кремния не более 20 %;

феррохром марки ФХ02, с содержанием кремния не более 0,3% или хром металлический марок Х96, 5-Х99;

ферробор марки ФБ20, выплавленный из необедненного боросодержащего сырья;

металлический титан, отходы титана или 70 %-ый ферротитан с содержанием свинца не более 0,02 %;

феррованадий марок ФВд50У03 или ФВд50У04;

марганец металлический Мп95, Мп965;

алюминий кусковой и порошок – первичные всех марок;

кальций всех марок;

мишметалл.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		26

Известь должна быть проверена на отсутствие кусков кокса.

Шихта составляется из отходов данной марки, ШБ, отходов марок схожего химического состава, МЖ, феррохрома, хрома металлического (для ЭДП).

2.4 Выплавка

2.4.1 Индукционная печь

Выплавка производится методом переплава легированных отходов.

Все материалы, даваемые в завалку должны быть сухими, без следов влаги или льда, а присаживаемые в жидкий металл, предварительно прокаленными в нагревательной печи докрасна (не менее 30 мин) за исключением материалов, которые не подлежат прокатке (последние должны подвергаться сушке).

Все шихтовые материалы должны быть с известным химическим составом и храниться по группам в соответствующих закромах. Применение отходов с неизвестным химсоставом не допускается.

Стружка должна храниться в закромах или коробках помарочно.

Для плавки в индукционной печи применяется катодный никель марок Н0, Н1, НIV, Н2.

Ферросплавы и легирующие, поступающие в цех мелкими партиями, должны храниться отдельно по партиям. Смешивание материалов разных марок не допускается.

Шихтовые материалы должны иметь не более 1/4 части поверхности с окалиной или ржавчиной. Материалы с повышенным содержанием поверхностных загрязнений должны обрабатываться в барабане для "осветления" шихты.

Шихта должна быть чистой, не промасленной (промасленную стружку необходимо прокалить в сушильных печах).

Требование к шлакообразующим и молотым раскислителям.

Шихтовая смесь изготавливается партиями массой до 500 кг из извести, флюорита и магнезитового порошка в соотношении 3:1:1.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						27
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Известь применяется свежееобожженная и без посторонних примесей. Срок хранения ее в цехе не более 24 часов. Разложившуюся известь применять запрещено.

Все шлакообразующие кроме магнезитового порошка подвергаются дроблению и просеиванию (фракция 1-5 мм).

Перед приготовлением шлаковой смеси магнезитовый порошок и флюорит должны просушиваться на горне или в нагревательной печи не менее 40 мин.

Срок хранения шлаковой смеси не более 24 часов.

Молотые раскислители (ферросилиций, силикокальций, боркальк, алюминиевый порошок), применяемые на плавке, должны быть сухими.

- Подготовка печи к выплавке металла.

После выпуска каждой плавки тигель и носок должны очищаться от остатков шлака и металла. При необходимости производится подмазка поврежденной футеровки огнеупорной массой с жидким стеклом. Повреждения на дне тигля заделываются массой, употребляемой для набивки тигля.

- Завалка.

Массовая доля содержащихся в металлошихте элементов, не удаляющихся в процессе выплавки металла, не должна превышать значений заданного химсостава.

В завалку даются легированный лом, ферросплавы и металлический легирующие, необходимые для обеспечения минимальных добавок в рафинировку и попадания в заданный химсостав металла.

Масса отходов выплавляемой марки стали и близких ей по химсоставу отходов должна быть не более 50 %, в том числе масса стружки не более 20 % от массы завалки.

По массе и габаритам шихтовые материалы должны быть такими, чтобы обеспечивать плотную завалку в тигель. Длина крупных кусков должна быть не более 1500 мм.

На дно тигля укладывается часть мелкой шихты. Наиболее тугоплавкие ферросплавы и легирующие, размещаются по стенкам в нижней части высоты

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		28

тигля. Крупные куски шихты укладываются в вертикальном положении и могут выступать над уровнем тигля.

Объем заваливаемых в тигель материалов должен обеспечить уровень расплава и шлака при нормальном положении печи не выше места стыка тигля с "воротником".

- Плавление.

Плавление шихтовых материалов следует производить на максимальной мощности генератора.

В период плавления производится периодическое осаживание шихты ломиком для предупреждения заклинивания кусков шихты и образования "мостов".

По мере подплавления шихты производится подвалка оставшейся части шихтовых материалов.

Через 20-30 мин от начала плавления дается шлаковая смесь массой 25-40 кг. Жидкий металл должен быть покрыт шлаком.

Перед началом рафинировки плавильный шлак снимается.

Продолжительность плавления должна быть не более 2,5 часов.

После полного расплавления шихты посылаются пробы на химический анализ.

- Рафинировка.

После снятия плавильного шлака дается шлаковая смесь из расчета 1-1,5 % от массы садки. Момент присадки шлаковой смеси является началом рафинировки.

После наведения шлака производится его раскисление порошкообразными раскислителями (ферросилиций, силикокальций, боркальк, алюминиевый порошок), которое должно заканчиваться не позднее, чем за 5 минут до выпуска.

Не ранее, чем через 3 минуты после дачи раскислителей, производится перемешивание шлака.

Общая продолжительность рафинировки должна быть в пределах 15-40 минут.

Температура металла в рафинировку должна быть 1510-1550 °С. Перед выпуском должна быть 1570-1610 °С.

- Порядок присадки материалов для легирования, раскисления, модифицирования металла.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						29
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Для легирования, раскисления, модифицирования металла применяются ферросплавы, лигатуры, технически чистые элементы и их технические соединения в виде крупных (30-300 мм) и мелких (20-30 мм) кусков и порошков (фракция 1-2 мм), а также компактированных порошков и штабиков.

Ферротитан, титановая губка, металлический титан или его отходы присаживаются в жидкий металл за 5-15 минут до выпуска. Для полного усвоения титана производится перемешивание металла гребком. Титановую губку и 70 %-ый ферротитан допускается давать в ковш.

Кусковой ферросилиций присаживается после раскисления шлака, но не позднее, чем за 10 минут до выпуска.

Алюминий для раскисления дается за 1-3 минуты до выпуска, для легирования – в середине периода рафинировки на штанге.

Ферробор присаживается на штанге, завернутым в декапированное железо в жидкий металл за 3-5 минут до выпуска после присадки алюминия из расчета 0,5 кг/т и титана 0,06 %.

2.4.2 Электродуговая печь

- Требования к электродуговой печи.

Выплавка должна производиться в печи с хорошим или удовлетворительным состоянием подины, откосов, стен, свода, желоба, выпускного отверстия, охлаждающей арматуры, механического и электрического оборудования.

- Требования к металлу перед выпуском в ковш должны удовлетворять следующим требованиям:

металл выплавляемой марки стали по химическому составу доведен в печи, за исключением случаев, когда доводка химического состава производится в ковше (легирование титаном, доводка по углероду и т.д.);

температура металла в печи соответствует установленным пределам для данной марки стали (1570-1616 °С);

металл, налитый в стаканчик, перед выпуском дает усадку;

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		30

степень раскисленности шлака соответствует установленным визуальным признакам, а его жидкоподвижность обеспечивает сход вместе с металлом, за исключением случаев, когда по технологии выпуск или начало выпуска металла должны производиться без шлака.

- Очистка и заправка печи.

После выпуска металла в ковш необходимо сразу же произвести очистку откосов при помощи баклуш (гребков по необходимости), после чего приступить к заправке откосов и подины заправочными материалами.

Заправка откосов и подины не обчищенных от остатков шлака и металла запрещается.

В качестве заправочных материалов следует применять периклазовый (магнезитовый) порошок, фракцией 5 мм; обожженный доломит – до 10 мм, хромпериклазовую крупку («половье») – до 10 мм, получаемую в результате дробления и помола отходов хромпериклазового кирпича.

Заправку печи следует производить:

- периклазовым порошком для выплавки различных марок стали и сплавов, методом выплавки.

- хромпериклазовой крупкой в смеси с периклазовым порошком в соотношении 1:1-1:3, в данном случае содержание «половья» допускается больше (в зависимости от содержания хрома в стали).

При значительных повреждениях откосов допускается их заправка смесью периклазового порошка и жидкого стекла в соотношении 10:1.

При значительных повреждениях подины, слой заправки следует закрыть слоем извести.

После заправки печи необходимо осмотреть состояние выпускного отверстия и желоба и принять меры к приведению их в надлежащее состояние, а также осмотреть состояние стен, свода и, при необходимости, в дальнейшем произвести их ремонт.

- Расчет шихтовых материалов на плавку.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		31

Перед завалкой шихты в печь, мастер по плавке обязан записать химический состав ферросплавов, шихты, номера вагонов или автомобилей с шихтой, номера корзин, произвести в плавильной карте расчет элементов, вносимых составляющими металлошихты.

Расчетное содержание углерода в металле перед продувкой кислородом должно быть в пределах 0,30-0,40 %. Суммарное расчетное содержание титана, кремния, алюминия не более 2 %. Расчетное содержание хрома не более 10 %.

Содержание углерода в металле после продувки должно быть не более 0,03 %.

Содержание в металлошихте элементов не удаляемых в процессе выплавки металла не должно превышать значений заданного химического состава.

При расчете мастер должен знать химический состав шихтовых материалов и руководствоваться следующими требованиями (переплав кислородом):

- содержание углерода по расплавлению шихты, вносимое металлошихтой и углеродосодержащими добавками (ферросплавами, электродным боем, крупкой, кусковым коксом из расчета не более 15 кг/т, огарками угольной футеровки, алюминиевых электролизеров не более 20 кг/т) должно быть 0,30-0,40 %;

- расчетное содержание легирующих элементов не должно превышать: углерод – не более 0,03%, кремний не более 0,2 %;

- масса металлошихты, которая будет присаживаться в металл после продувки кислородом, должна определяться из расчета 50-200 кг/т шихты в завалке.

Перед завалкой производится осмотр электродов. Электроды должны быть без ниппельных гнезд и трещин.

- Завалка шихтовых материалов в печь.

Перед началом завалки сталевар обязан принять от бригадира (мастера) шихтового пролета точное количество и местонахождение мульд (корзины) с шихтой и мульд с ферросплавами, предназначенными для завалки и ведения плавки, записать их количество (номер корзины) в плавильную карту.

Сталевары обязаны перед завалкой ознакомиться с состоянием погрузки шихты в корзину, не допускается наличие выступающих за ее края концов и свешивания стружки. При опускании корзины в печь необходимо следить, чтобы

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		32

корзина не раскачивалась и не задевала стенки печи. Затвор печи следует открывать на высоте ее нижней части не более 0,5 м от подины.

Углеродосодержащие добавки следует присаживать на подину печи в «колодцы» по электроды в первой половине плавления.

После завалки шихты песочный затвор должен быть очищен от стружки и мусора и плотно перекрывать зазор между сводом и верхом печи.

Присадку шлакообразующих в завалку следует производить после завалки первой порции мелкой шихты, причем часть смеси (не более 1/3) дается на подину печи перед завалкой, а оставшаяся смесь присаживается в первые 20-30 минут плавления в «колодцы».

Шлаковая смесь состоит из извести – 120 кг, флюорита – 60 кг, глинозема (электрокорунда) – 60 кг.

На плавках «переплавом с кислородом» в завалку следует присаживать известь и шамот (флюорит, флюсы ЭШП) в соотношении 2:1 из расчета 1 % от массы завалки.

Шихта составляется из отходов металла данной марки, ШБ, отходов марок схожего химического состава, МЖ, ШБ-У, феррохрома.

- Плавление.

После завалки шихты перед включением печи сталевар совместно с дежурным персоналом службы механика и электрика обязан осмотреть и проверить исправность систем водяного охлаждения, отводов газа из печи, механического и электрического оборудования и произвести опрессовку водоохлаждаемой арматуры, о чем делается соответствующая отметка в плавильной карте.

Перед включением печи необходимо проверить состояние (наличие сколов, трещин, качество ниппельных гнезд) и длину электродов. Электроды должны быть без видимых повреждений, а их длина обеспечивать проведение всей плавки без наращивания. При необходимости замену электродов или их наращивание следует производить перед включением печи после завалки шихты или в начале периода плавления.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		33

Включение печи на плавках «переплавом с кислородом» особенно низкоуглеродистой стали при наличии трещин и сколов на конце хотя бы одного электрода, ниппеля или ниппельного гнезда не допускается.

Плавление шихтовых материалов следует производить на максимальной мощности трансформатора.

Выпускное отверстие печи должно быть заделано в первые 20 мин плавления.

Порог завалочного окна следует заправлять в первой половине плавления, при этом высота заправочных материалов должна обеспечивать уровень жидкого металла и шлака не выше нижнего уровня выпускного отверстия при нормальном положении печи.

В процессе плавления шихту и ферросплавы следует периодически стаскивать с откосов в жидкий металл или в середину ванны, поднимая электроды, когда эта операция грозит их поломкой.

Перемешивание жидкого металла следует производить ошлакованными гребенками после стаскивания кусков шихты и погружения их в металл в следующей последовательности: в начале шлак разгоняется гребком в ту или другую сторону (как правило от первого электрода ко второму) и после образования на нем пленки шлака, гребок с силой погружается на возможно большую глубину в направлении от завалочного окна к заднему откосу и обратно.

- Плавление на плавках «переплавом с кислородом».

Допускается применять газообразный кислород при давлении не более 8 кгс/см² после расплавления не менее 80 % шихты (определяется визуально мастером и сталеваром) в течении 10-15 мин при включенной печи.

После расплавления шихты и перемешивания металла не меньше чем двумя гребками следует отобрать пробу на химический анализ.

Содержание углерода в первой пробе должно быть в пределах 0,30-0,40 %.

В случае низкого содержания углерода по расплавлению следует снять шлак, произвести науглероживание металла и после наведения шлака отобрать повторную пробу на углерод.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		34

Периодом плавания считается время от момента включения печи после завалки шихты до момента получения содержания углерода 0,30-0,40% и, при необходимости, других элементов, удовлетворяющих требованиям проведения следующего периода плавки, и начала подачи кислорода в металл.

- Окислительный период.

Окислительный период следует начинать после получения содержания углерода 0,30-0,40 % в металле по расплавлению шихты при нормально нагретом металле. Визуальным признаком нормально нагретого металла следует считать слив металла с ложки без остатка.

На плавках «переплавом с кислородом» при содержании хрома в шихте более 6,0 % продувку кислородом следует начинать при температуре расплава не ниже 1560 °С.

Окислительный период на плавках «переплавом с кислородом» (окисление газообразным кислородом).

Продувку металла кислородом следует начинать при содержании углерода 0,30-0,40 % по расплавлению шихты, обеспечивающим его окисление за время продувки в пределах 0,25 %. Содержание хрома в шихте более 6,0 %.

Давление кислорода во время продувки металла должно быть не менее 7 кгс/см².

На плавках с содержанием хрома в шихте более 6,0 %.

Вторую пробу на химический анализ следует отбирать во время продувки сразу после появления пламени в печи.

Продувка прекращается по достижении содержания углерода не более 0,03 %, что обеспечивает проведение (нормальное) рафинировки, и получения заданного химического состава стали.

Отбор проб металла после продувки кислородом следует производить сразу по окончании продувки.

После продувки и отбора проб, в металл вводится на рукоятке кусковой алюминий из расчета 1 кг/т. Затем присаживается шихта выплавляемой или близких по химическому составу марок стали до 20 кг/т, затем феррохром,

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		35

известь 10-20 кг/т и раскислители из расчета: до 10 кг/т кускового 45 % ферросилиция (ферросиликохрома ФСХ40) или до 5 кг/т порошка 65-75 % ферросилиция и 1-2 кг/т порошка алюминия. Все раскислители должны присаживаться в смеси с известью в соотношении 1:1. После расплавления раскислительных смесей окислительный шлак полностью снимается и наводится известково-глиноземистый.

- Восстановительный период (рафинировка).

Переход на рафинировку допускается только после получения содержания углерода не более 0,03 % (и, при необходимости, других элементов), обеспечивающего нормальное проведение рафинировки и попадания в заданный химический состав.

Началом рафинировки следует считать время начала присадки науглероживающей шлаковой смеси на поверхность металла.

Через 10-15 минут после присадки раскислителей металл тщательно перемешивается и берутся две пробы на химический анализ с промежутком в 5 минут. Затем, после корректировки металла по химическому составу, присаживается ферробор (на 1,7 % бора ориентировочно), с учетом его содержания в металле индукционной и дуговой печей.

После расплавления добавок и ферробора при температуре металла 1590-1610 °С снимается шлак, металл раскисляется алюминием из расчета 1 кг/т. Затем присаживается ферротитан (титан металлический) (на 4,0 % ориентировочно) с учетом содержания титана в металле индукционной печи. Заводится шлак, состоящий из извести – 100 кг, флюорита – 40 кг, глинозема (электрокорунда) – 60 кг. Шлак раскисляется порошком алюминия из расчета 1–3 кг/т.

За 3-5 мин до выпуска присаживается кусковой алюминий из расчета 0,5 кг/т, затем мишметалл из расчета 1,0 кг/т.

Температура металла перед выпуском из печи должна быть 1570–1610 °С.

Перед выпуском плавки в ковш дается кальций металлический из расчета 0,5–0,8 кг/т на штанге или силикокальций на струю металла в ковш в количестве 1,5 кг/т (если позволяет содержание кремния в металле).

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		36

2.4.3 Выпуск металла

Выпуск металла в ковш следует начинать с выпуска металла из индукционной печи, затем выпускают металл из дуговой печи. Выпуск производится в подогретый ковш.

Выпуск металла из индукционной печи производится со шлаком. Шлак должен покрывать всю поверхность металла в ковше. Температура металла в ковше должна быть 1530–1570°C.

Металл в ковше продувается аргоном не менее 3 минут.

Температура металла в ковше должна быть:

- до продувки аргоном – 1550–1570 °С;
- после продувки аргоном – 1530–1550 °С.

2.5 Электрошлаковый переплав

Требования к исходным материалам и оборудованию, применяемым при электрошлаковом переплаве.

Требования к электродам для ЭШП.

Для изготовления электродов для ЭШП могут применяться заготовки катаные, кованные, отлитые в специальные изложницы и на машине полу непрерывного литья заготовок (МПНЛЗ). Профилеразмер, длина и масса электродов для различных кристаллизаторов должны соответствовать требованиям таблицы 5.

Таблица 5 – Параметры электродов для ЭШП

Диаметр (кр.), сторона квадрата (кв.) слитка ЭШП, мм	Длина слитка, мм	Масса слитка, кг
Кр. 450	800-1350	1000-1650
Кр. 500	1800-2500	3000-3100
Кв. 590	1430-2500	3500-4200

На торце электрода должна быть маркировка номер плавки, литер штанги и марки стали. Кривизна электродов для ЭШП должна быть не более 5 мм на 1 м

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист 37
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

длины и не более 25 мм на всю длину электрода. Их поверхность должна быть зачищена, ободрана или протравлена. При этом глубина выточек не должна превышать 20 % диаметра электрода.

Электроды из высокохромистой стали допускаются на ЭШП без предварительной сплошной зачистки или обточки после удаления поверхностных дефектов.

Поверхность расходоуемых электродов диаметром 300 мм, отлитых на МПНЛЗ, должна быть зачищена со стороны «ласточкиного хвоста» на расстояние не менее 200 мм от конца.

На поверхности не допускается наличие ржавчины, шлаковых включений диаметром более 10 мм, рванин, поперечных трещин, плен, продольных трещин более 10 мм. Со стороны нижнего торца электрода допускается наличие поверхностных дефектов на расстоянии: 300 мм - для электрода диаметром 190 мм, 150 мм - для электрода диаметром 230 мм, 270 мм - для электрода диаметром 300 мм, 150 мм - для электрода квадратного сечения со стороной квадрата от 160 до 240 мм, 200 мм - для электрода квадратного сечения со стороной квадрата 270 мм.

На электродах с МПНЛЗ диаметром 190мм должен быть удалён «ласточкин хвост» на расстоянии не менее 50мм от конца, а на электродах диаметром 300 мм должна быть произведена обрезь длиной 400 мм со стороны усадочной раковины.

При выявлении на торцах электрода дефектов типа "свищи" или при наличии поверхностных пузырей глубиной более 10 мм, а так же для удаления остатков жидкого стекла после подрезки на анодно-механических станках, расходоуемые электроды должны передаваться на термообработку в термозачистное отделение. На электродах квадратного сечения, изготовленных методомковки, рёбра должны быть притуплены.

С целью сокращения отходов металла к расходоуемым электродам привариваются инвентарные головки с помощью накладных пластин сварным швом ручной сварки. Сварной шов и накладные пластины в процессе ЭШП не

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		38

переплавляются. Расходуемые электроды отлитые на МПНЛЗ, после охлаждения и приемки ОТК складываются на участке ЭШП.

Приварка инвентарной головки к расходуемому электроду производится на установке А-550, обеспечивающим надежность сварного шва. Приварка производится со стороны, противоположной клейму, а для электродов с МПНЛЗ, к "ласточкиному хвосту". В случае приварки инвентарной головки к торцу электрода, имеющем клеймо, а также к электродам с МПНЛЗ, подручный сталевар переносит номер плавки и марку стали на боковую поверхность электрода краской в присутствии контролера ОТК. Перед приваркой зазор между расходуемым электродом и инвентарной головкой должен составлять 30-60 мм в зависимости от профиля размера электрода. К нижней части электрода приваривается шайба. Для сварки электрода применяются сварочные и затравочные полоски, изготовленные из стали марки МЖ или марки 10. После подготовки электродов к ЭШП сталевар и контролер ОТК проверяют прочность сварки (сплошность шва и т.п.) подготовленных электродов, маркировку на электродах и делают отметку в "Книге учета расходуемых электродов" о их готовности к переплаву.

Подготовка флюса для ЭШП

Химический состав флюсов должен соответствовать техническим условиям ТУ 14 - 1 - 1948 - 77.

С целью стандартизации шлакового режима ЭШП и проведения переплава каждой марки стали на флюсе оптимального химического состава допускается корректировка химического состава флюса АНФ – 6 и частичная замена его добавками глинозёма, флюоритового концентрата или флюса АНФ – 1 из расчёта содержания во флюсе Al_2O_3 не более 28 %. Для компенсации частичного уноса глинозёма при засыпке в кристаллизатор, расчётное содержание его в смеси должно быть на 1 – 2 % более, чем у стандартного флюса. При добавках глинозёма более 10 % от общей массы флюса расплавление его производится графитовым электродом.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						39
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

При ЭШП допускается применение вторичного флюса до 30 %, для высокохромистых марок - до 50 %. Перед использованием вторичный флюс должен быть измельчен до фракции не более 30 мм и перемешан.

Перед применением флюс прокаливается в термической печи не менее 5 часов при температуре 700 °С. Толщина слоя флюса при прокаливании не должна превышать 300 мм.

Глинозём и флюоритовый концентрат должны быть использованы не позднее, чем через сутки после прокаливании, а флюс не позднее 3 суток.

Для расплавления флюса используется экзотермическая смесь С - 2. Состав флюса: 16 – 20 % порошка ПАМ - 3 или ПАМ - 4, остальное молотый флюс. Расход экзотермической смеси составляет 0,5 – 1,0 кг на слиток. В качестве металлической перемычки для зажигания экзотермической смеси используется стружка или спиральная железная проволока диаметром 3–5 мм с диаметром спирали 20 – 30мм и массой до 100 г.

Требования к затравочным шайбам

Затравочные шайбы предназначены для предохранения поддонов от прожигания и для создания электрического контакта между слитком и поддоном.

Для изготовления затравочных шайб используется металл любого метода выплавки или переплава. Допускается изготовление затравочных шайб из металла, забракованного по технологии, макроструктуре, неметаллическим

включениям, механическим свойствам, химическому составу и поверхностным дефектам. Запрещается изготовление затравочных шайб из технологической обрезки металла открытой плавки.

Допускается использовать затравочные шайбы, изготовленные из стали, близкой по химическому составу переплавляемой. Для ЭШП применяются затравочные шайбы, изготовленные методомковки, литья, вырезкой из катанных, кованных, литых заготовок. Вырезанные затравочные шайбы для удаления остатков жидкого стекла прокаливают по режиму, указанному в таблице 6.

Таблица 6 - Режимы прокаливании затравочных шайб

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						40
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Затравочные шайбы	Продолжительность прокаливания, в часах, не менее	Температура прокаливания, °С
Из катаных и кованных заготовок	1	350 - 400
Из литых электродов (МПЛНЗ и из изложниц)	3	

На боковых гранях шайбы и ее поверхностях допускаются дефекты глубиной до 10 мм. Глубина зачистки шайб должна обеспечивать плотное прилегание к поддону. Допускается использовать взамен затравочных шайб сварочную полосу из МЖ, применяемую для сварки электродов с электрододержателем общая площадь укладываемых на поддон полос должна быть не менее площади поперечного сечения электрода. Параметры затравочных шайб должны соответствовать требованиям таблицы 7.

Таблица 7 - Параметры затравочных шайб

Диаметр(кр.), сторона квадрата(кв.) кристаллизатора, мм	Диаметр затравочной шайбы, мм	Толщина шайбы, мм	Толщина шайбы при применении графитового электрода, мм	Масса затравочной шайбы, кг
кр 450	410 - 430	20 - 40	40 - 60	20 - 46
кр 500	300 - 400	20 - 40	40 - 60	20 - 36
кв 590	450 - 500	20 - 40	40 - 60	25 - 62

Допускается применение затравочных шайб площадью сечения не менее сечения расходуемого электрода.

Требования к инвентарным головкам.

Инвентарные головки изготавливают из штанг диаметром 1500 – 2000 мм из низкоуглеродистой стали. Длина их должна быть от 1000 до 3000 мм. После окончания переплава инвентарная головка отрезается от огарка (чуть выше сварного шва), если длина ее более 1000 мм, она очищается от окалины

металлической щеткой или наждачной бумагой и используется для следующих плавок.

Подготовка установки к переплаву

Перед включением установки ЭШП сталевар совместно с дежурным ремонтным персоналом должен осмотреть систему водяного охлаждения, механическое и электрическое оборудование. Эксплуатация установки ЭШП при наличии любой неисправности в работе механического или электрического оборудования, а также при наличии течи или парения воды в системе водяного охлаждения запрещается. Пригодность установки ЭШП для проведения переплава определяется мастером по плавке и контролером ОТК, что подтверждается их подписями в плавильной карте.

На поддон устанавливается кристаллизатор. Электрод зажимается в электрододержателе и центруется по отношению к стенкам кристаллизатора. Затем кристаллизатор поднимают. На поддон укладывается равномерным слоем на площадь, равную площади основания шайбы, порошок алюминия из расчета 100-150 г. на слиток. На него укладывается затравочная шайба. На затравочную шайбу насыпается запальная смесь С-2 и ставится перемычка стружка или спираль.

Электрод опускается до металлической перемычки и прижимает ее к затравочной шайбе. Расстояние от торца электрода до затравочной шайбы должно быть от 20 до 30 мм (контролируется по высоте перемычки). Кристаллизатор опускают, устанавливают на поддон и центруют относительно электрода. С целью обеспечения хорошего электрического контакта между поддоном и кристаллизатором должен быть проложен медный, фольга толщиной не более 6 мм или кристаллизатор с поддоном должен быть соединен специальными токоведущими перемычками. После установки кристаллизатора сверху на поддон равномерно засыпается флюс по всему периметру кристаллизатора.

Электрошлаковый переплав

Включение установки ЭШП производится сталеваром по разрешению дежурного электрика после включения подачи воды для охлаждения

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		42

кристаллизатора и поддона /11/. Подача воды производится не ранее, чем за 5 минут до включения установки. Начальный период ЭШП (разведение процесса ЭШП) состоит из этапов расплавление флюса, начала плавления расходоуемого электрода до появления ванны жидкого металла и выхода на основной электрический режим. Расплавление флюса расходоуемым электродом и начало плавления электрода производится при напряжении 50 В и силе тока 4-8 кА. Начало процесса (до 5 минут) проводится на ручном управлении, после чего включается автоматический режим управления механизмом перемещения электрода. Выход на основной электрический режим переплава осуществляется постепенным увеличением силы тока в течение последних-10-25минут начального периода плавления. Продолжительность этого периода составляет 30-50 минут. Расплавление расходоуемого электрода начинается при напряжении 70-80 В и силе тока 13-14 кА. В начальный период переплава допускаются кратковременные (до 15 сек) колебания силы тока более 6 кА.

Расход смеси и режим работы дозатора задается индивидуально для каждой плавки в зависимости от ее химического состава и составляет 8-50 г/мин.

За 15-30 минут до конца плавки производятся подпитка (выведение усадочной раковины) слитка путем постепенного уменьшения вводимой мощности или периодического отключения масляного выключателя на 0,5-2 минуты, через каждые 3-10 минут печного трансформатора допускается одноразовое снижение вводимой мощности (на 30-70 %) с поддержанием неизменной ее величины до окончания подпитки. Электрический режим не регламентируется.

Охлаждение, раздевание и передача слитков в термозачистное отделение.

По окончании переплава расплавленный слиток статически должен быть выдержан в кристаллизаторе в течении:

- 40 - 50 мин - слиток диаметром 450 мм;
- 90 - 120мин - слиток диаметром 500 мм;
- 70 - 90мин - слиток со стороной квадрата 590 мм.

Перед раздеванием слитка (за 2-3 минуты) полностью закрывают воду на кристаллизатор и поддон. Эти приёмы по регулированию количества воды

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		43

позволяют - после раздевания слитка исключить образование конденсата на кристаллизаторе и поддоне.

Раздевание слитка. На маршевой скорости поднимают кристаллизатор на 80-120 мм, инвентарную головку продолжают поднимать до верхнего положения. Затем краном со специальным захватом убирают шлаковую лепешку, потом слиток.

После этого осматривают кристаллизатор и поддон. При обнаружении неисправности, кристаллизатор (поддон) необходимо снять с печи и произвести ремонт.

В местах течи воды производится заварка дефектных мест. Чеканка кристаллизаторов и поддонов запрещается.

Слиток выдерживают на поддоне после слива шлака до полного затвердевания металлической ванны (10-15 минут), после чего на тележке поддон выкатывается в зону работы мостового крана.

После этого производится:

- измерение толщины шлаковой "лепешки", которая должна быть в пределах 150-160 мм;
- измерение геометрических параметров слитка;
- осмотр качества поверхности слитка;
- маркировка металлическими клеймами поверхностного торца слитка номера плавки и номера слитка;
- взвешивание и передача слитка в ТЗО, при этом продолжительность времени с момента его раздевания не должна быть более 30 мин.

Требования к слиткам ЭШП.

Все слитки, выплавляемые методом электрошлакового переплава должны соответствовать требованиям по длине и массе слитка в зависимости от профилеразмера, указанные в таблице 8.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		44

Таблица 8 - Параметры слитков

Диаметр (кр.), сторона квадрата (кв.) слитка ЭШП, мм	Длина слитка, мм	Масса слитка, кг
Кр. 450	800-1350	1000-1650
Кр. 500	1800-2500	3000-3100
Кв. 590	1430-2500	3500-4200

Поверхность годной части слитка (большая часть слитка, расположенная между его верхней и нижней частями, которые при дальнейшем переделе удаляются, как технологическая обрезь) должна быть чистой без каких-либо видимых поверхностных дефектов. В верхней и нижней частях слитка допускается наличие поверхностных дефектов в виде пережимов, шлаковых включений, нерасплавленного флюса, наплывов и тому подобное. При этом, длина технологической обрезки в зависимости от профилера размера слитка ЭШП должна быть не менее, указанной в таблице 9.

Таблица 9 - Нормы технологической обрезки слитков ЭШП

Диаметр (кр), сторона квадрата (кв) слитка ЭШП, мм	Величина обрезки верхней части слитка		Величина обрезки верхней части слитка	
	Длина, мм	Масса, кг	Длина, мм	Масса, кг
Кр. 450	100	80	100	80
Кр. 500	100		200	
Кв. 590	250	95	350	135

На торце верхней части годного слитка должен быть оттиск клейма: номера плавки и слитка, марки стали /12/.

При наличии на годной части слитка поверхностных дефектов, решение о пригодности или непригодности данного слитка после его осмотра принимают, руководствуясь следующими положениями:

- назначение в передел внутри завода с удалением дефектов зачисткой или обдиркой его поверхности;
- назначение в передел внутри завода с дополнительной обрезью верхней или нижней частей слитка с указанием величины этой обрезки;
- вынесение вопроса на решение цеховой или заводской комиссии;
- бракование слитка при наличии недопустимых дефектов (грубые пережимы, электропробои);
- запрос на согласование с потребителем металла и тому подобное.

2.6 Анализ существующей технологии производства ЭШП слитков из стали марки ЧС82-Ш на ОАО «ЗМЗ»

На ОАО «Златоустовский металлургический завод» проведена работа по изготовлению слитков электрошлакового переплава стали марки 04X13T3P1Ф (ЧС82-Ш) /19/.

Необходимым условием для получения заданных свойств стали является соотношение содержания титана и бора в ней 2:1. Оптимальным является соотношение, равное 2-2,2 при содержании бора не менее 1,5 %.

Особенностью борсодержащих сталей является склонность бора к ликвациям. Сталь, выплавленная в дуговой печи неоднородна по химическому составу и механическим свойствам.

Для получения качественного металла, а также для повышения его пластичности при прокатке слитков на трубы целесообразно использовать металл электрошлакового переплава.

Температура плавления данной марки стали составляет 1300 °С. В качестве флюса использовали флюс типа АНФ-1П с температурой плавления 1340 °С. Флюс в твёрдом виде, в количестве 100 кг, засыпали в круглый цилиндрический кристаллизатор диаметром 500 мм.

Сталь данной марки при электрошлаковом переплаве, имеет температуру плавления меньше температуры плавления флюса. В связи с этим возникли

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		46

трудности с получением качественного слитка и выходом годного. Причина в том, что в начале переплава, когда идёт расплавление электрода и флюса, электрод плавится быстрее, т.к. флюс находится в твёрдом состоянии и имеет низкую электропроводность. Поэтому прохождение тока через него ограничено и разогрев за счёт джоулева тепла затруднён.

Из-за действия водоохлаждаемого поддона, перегрев жидкого металла быстро снимается, по этой причине на границе жидкий металл - твёрдый флюс последний нагревается до температуры металла, но эта температура недостаточна для расплавления флюса. Быстрая кристаллизация металла и наличие твёрдого флюса приводит к запутыванию флюса в металле на расстоянии 40-60 мм от боковой поверхности слитка. Расстояние от низа слитка с запутавшимся флюсом составляет 1-1,5 диаметра кристаллизатора /13/.

Было предложено несколько вариантов для решения этой проблемы.

1. Опробовано несколько электрических режимов переплава и составов флюса.

Электрошлаковый переплав проводили при мощности от 800 до 1150 кВт.

Масса флюса на переплав одного слитка составляет 100кг. Переплав проводили на твёрдом старте.

Переплав вели на флюсах на основе CaF_2 с добавлением TiO_2 , NaF и Al_2O_3 .

Плавки проводили как с раскислением шлаковой ванны смесью Al с флюсом в соотношении 1:1, так и без раскисления в зависимости от химсостава исходного металла.

Однако качество поверхности нижней части слитков оставалось прежним.

При использовании флюса с NaF состава 23,5 % CaF_2 , 20 % NaF , 5 % TiO_2 качество поверхности слитков не улучшилось, а на поверхности внутренней части кристаллизатора появилась вязкая плёнка, содержащая CuO и NaOH , разрушающая медную гильзу кристаллизатора, поэтому от этого флюса отказались.

Проблема качества поверхности нижней части слитков была решена увеличением подаваемой мощности при разведении процесса до 1250 - 1300 кВт.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						47
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Выдержка слитков в кристаллизаторе составляла 2 часа. Поверхность слитка чистая без дефектов.

Макроструктура в кр. 500 мм верхней и нижней части слитков годная, распределение титана и бора по сечению и высоте слитков равномерное. Отклонения составляют не более 0,03 абс. %.

В 2006 году выплавлено 210 слитков кр.500мм стали марки ЧС82-Ш. Все слитки были обточены до кр. 460-480 мм и имели длину 1750-1650 мм.

2. Также данная проблема решается путём прикрепления к торцу нижней части электрода металлической шайбы, имеющей температуру плавления большую или равную температуре плавления флюса, позволяет сократить время расплавления флюса, при этом пластина выполнена сечением равным сечению электрода и массой 0,8-1,2 массы флюса.

В процессе электрошлакового переплава стального электрода с температурой плавления меньше температуры плавления флюса прикреплённая на нижнем торце электрода металлическая шайба, имеющая температуру плавления большую или равную температуре плавления флюса, позволяет сократить время расплавления флюса, ускорить процесс его расплавления в 1,5-2 раза, в сравнении с электродом без неё.

Устанавливали круглый сплошной электрод диаметром 300 мм. На отдельных электродах на торец приваривали металлические шайбы. Их изготавливали из стали марки 40ХН2МА и железа с содержанием углерода 0,03масс.%. Температура плавления стали марки 40ХН2МА-1500°C, железа-1528°C. Шайбы имели цилиндрическую форму диаметром 300 мм высотой 145-235мм. После переплава электродов с поверхности слитков удалялся поверхностный слой путём обточки резцом на токарных станках. Качество слитков оценивали по наличию застывшего флюса в поверхностном слое слитка. Установлено, что слитки, полученные из электродов с приваренными шайбами имели более высокое качество, чем из электродов без них. Результаты данных исследований приведены в таблице 10.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		48

Таблица 10 - Результаты исследований

Вариант технологии	Высота шайбы, приваренной к электроду	Высота слитка с запутавшимся флюсом, мм	Величина обреза, мм	Величина обреза, %
ЭШП на мощности 800 кВт	-	620	620	31
ЭШП на мощности 1250кВт	-	400	400	20
ЭШП электродов с приваренной шайбой из МЖ или 40ХН2МА	100	350	350	17,5
	150	150	200	10
	200	-	200	10
	250	-	200	10
	300		200	10

Таким образом предложенный электрод с приваренной к нижнему торцу металлической пластиной позволяет повысить качество электрошлакового слитка и снизить донную обрезь в 2-3раза. В следствии того, что величина обреза уменьшается на 21 %.

3 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОКАТА СТАЛИ МАРКИ 04X13T3P1Ф (ЧС82-Ш)

3.1 Технологическая цепочка

Рисунок 2–Цепочка передела в прокатном цехе

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		50

3.2 Посадка и нагрев слитков в методической печи стана «1150»

Требования обязательны для нагревальщиков, мастеров (ст. мастера), осуществляющих нагрев слитков и организацию работ по их нагреву, а также работников ОТК, осуществляющих контроль за нагревом слитков.

Для обеспечения требований в пролёте нагревательной печи прокатного цеха №1 согласно проекту и схеме размещения оборудования имеются нагревательная печь, подъёмные краны, крановая машина садового типа, передаточная тележка, КИП и автоматика.

На рабочем месте нагревальщиков должны быть размещены выписки из настоящей инструкции, отражающие необходимые параметры нагрева слитков и заготовки заданного сортамента.

Нагрев холодных слитков осуществляется в методической трехзонной печи с торцевой задачей слитков и боковой выдачей слитков крановой машиной садового типа. Рабочее топливо – природный газ с теплотворной способностью 8120 ккал/м³. Отопление – при помощи горелок типа «труба в трубе». Печь оборудована автоматической подачей топлива соответственно заданному температурному режиму нагрева слитков, а также автоматической системой регулирования соотношения «топливо-воздух».

3.2.1 Требования к исходным слиткам и их посадке в методическую печь

На слитках, предназначенных для посадки в методическую печь, не должно быть следующих дефектов:

- смещений прибыльной части по отношению к «телу» слитка – более 15 мм;
- включений, глубиной залегания более 5 мм;
- «воротников», «заливин», «приваров», выступающих более 5 мм над поверхностью слитка;
- «поясов» (часто сопровождающихся поперечными трещинами извилистой формы);

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		51

- поперечных и продольных трещин глубиной залегания более 3 мм и протяженностью более 500 мм (продольные) и 200 мм (поперечные);
- вырубков (или зачисток) дефектных мест глубиной более 60 мм и ширины зачищенного участка менее пятикратной глубины;
- прибыльной части высотой менее 150 мм;
- явно выраженной ромбичности – более 15 мм.

Слитки, имеющие перечисленные дефекты, должны быть возвращены в соответствующие сталеплавильные цехи.

Масса слитка, предназначенного для посадки в печь, должна быть не более 4,0 т.

Посадка слитков в методическую печь должна производиться при наличии назначения, накладной, анализной карточки на данную плавку, после приёмки слитков работниками ОТК. Количество слитков, загружаемых в рабочие зоны печи, указано в таблице 11.

Таблица 11 – Количество слитков, загружаемых в рабочие зоны печи в зависимости от их массы

В штуках

Способ выплавки	Масса (профилеразмер, мм) слитка, т	Количество слитков по зонам печи			
		методическая	сварочная	томильная	итого
ОДП	2,8 (кв. 570)	10	20	8	38
ОИП	3,6 (кв. 590)	10	18	7	35
ЭШП	2,2 (кв. 390)	15	29	11	54
	3,7 (кв. 580)	10	20	8	38

При посадке в печь на первый слиток каждой плавки должен укладываться кирпич.

Слитки круглого поперечного сечения (ЭШП, ВДП) укладывать на посадочные стелюги печи не более чем в два ряда. С обеих сторон слитков укладывать не менее чем по четыре слитка квадратного сечения.

3.3 Посадка и нагрев холодных слитков в методическую печь

Под «холодными» следует понимать слитки и раскаты, имеющие температуру поверхности, близкую к температуре окружающей среды.

Технологические температуры, соответствующие температуре рабочего пространства томильной зоны печи, и количество слитков, выдаваемых из печи в час для прокатки в зависимости от марки стали, должны соответствовать требованиям таблицы 12

Таблица 12 – Технологическая температура нагрева металла под прокатку и количество слитков, выдаваемых в час

№ групп	Марка стали	Температура в зоне печи, °С		Температура отходящих газов, °С не более	Количество слитков, выдаваемых в час, не более для массы слитка	
		томильной	сварочной		2,8 т	3,6 т
1	2	3	4	5	6	7
5	XB5, 13X, B2Ф 04X13T3P1Ф (ЧС82)	1150-1200	1180-1200	750	2	2

Для равномерного нагрева слитков до технологических температур в камере выдачи должна производиться кантовка слитков на 180 °С за 15-20 минут до выдачи для прокатки.

Выдача для прокатки слитков, нагретых до технологических температур, должна производиться поштучно партиями по 2 слитка.

Нагрев слитков марок стали, дополнительно маркируемых буквами «Ш», должен осуществляться по режимам, установленным для аналогичных (без дополнительной маркировки) марок стали.

При остановках стана или прекращении выдачи слитков, нагретых до технологических температур, продолжительностью более 1 часа, температура по зонам печи должна устанавливаться не более 1100 °С, более 3 часов – не более 950 °С.

Слитки, нагретые в методической печи, должны предаваться на колодцы для дальнейшего соответствующего нагрева под прокатку в следующих случаях:

- при образовании рванин при прокатке первого слитка плавки;
- при неравномерном нагреве слитков в печи (определяется по равномерности свечения граней слитка);
- в случаях, специально оговоренных технологией.

3.4 Прокат на стане «1150»

Требования настоящей обязательны для операторов стана «1150», мастеров (ст. мастера) стана, работников ОТК, осуществляющих исполнение, организацию работ на стане.

Для обеспечения требований настоящей инструкции на стане «1150», согласно проекту и схеме размещения оборудования имеются реверсивная клеть дуо, подъёмно-транспортные механизмы и другое оборудование, обеспечивающие прокат металла на стане.

На рабочем месте операторов стана должны быть размещены выписки из технологических инструкций, отражающие необходимые параметры проката заданного сортамента, а также схемы проката, разработанные калибровочным бюро.

Стан «1150» предназначен для прокатки слитков всех способов выплавки массой 1,1–6,2 т на товарные и передельные блюмы квадратного сечения со стороной 160–300 мм, передельные заготовки квадратного сечения со стороной 140–300 мм; слябы прямоугольного сечения 140–160×420–610 мм.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		54

Слитки, нагретые до технологических температур прокатки, не должны иметь различную степень свечения граней (сторон).

Для прокатки металла должны использоваться валки со следующими характеристиками:

- диаметр валков (максимальный) – 1170 мм, (минимальный) – 1070 мм;
- длина бочки валков–2800 мм;
- материал валков-сталь марки 50 по ГОСТ 1050;
- масса валка-28 т.

Положение валков в клети стана относительно друг друга должно соответствовать заданной монтажной схеме калибров.

Диаметр нижнего валка (одна риска на крайнем бурте) должен быть на 6 мм больше диаметра верхнего валка (две риски на крайнем бурте) – для создания нижнего давления.

Нижний и верхний валки в клети стана должны быть установлены горизонтально, при этом дно второго калибра нижнего валка должно быть на 65-70 мм выше станинного ролика, а дно третьего калибра выше-на 45-50 мм.

Оси нижнего и верхнего валков должны располагаться в одной вертикальной плоскости.

Стан должен настраиваться:

- после перевалки валков;
- при переходе на прокатку другого профилеразмера;
- при появлении дефектов на прокатываемых блюмах, вызванных нарушением настройки стана.

Настройка стана должна обеспечивать:

- соответствие режимов обжатиий утверждённым схемам;
- отсутствие скручивания вокруг продольной оси на выходе из валков, а также отсутствие «изгиба» раскатов;
- получение проката соответствующего профилеразмера и качества поверхности.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		55

Для совмещения ручьёв калибров валки в клети должны перемещаться в осевом направлении. Правильность установки валков в осевом направлении должна проверяться измерением диагоналей калибров, размеры которых в каждом калибре должны быть одинаковыми. После настройки в осевом направлении валки в клети должны быть жестко закреплены от осевого смещения.

Прокат металла марки 04X13T3P1Ф (ЧС82-Ш) производить по действующей технологии со следующими особенностями:

Прокат производить по разработанной калибровке валков.

Режимы обжатий слитка массой 3,1 т на квадрат 220мм.

Рисунок 3 – Схема проката стана «1150»

Предельно-допустимые отклонения размеров стороны квадрата у блюмов и диаметра у круглых заготовок не должны превышать значений, установленных в таблице 13.

Таблица 13 – Предельно-допустимые отклонения размеров стороны квадрата у блюмов и диаметра у круглых заготовок

Профилеразмер проката, мм	Предельное отклонение стороны квадрата (диаметра), не более, мм	Разность диагоналей, не более, мм
кв. 150-180	± 5	7,5
кв. 190-220	± 6	9,0
кв. 240-270	± 7	10,5
кв. 280-300	± 8	12,0
кр. 230-240	± 7	-

Видимое скручивание блюмов и передельных заготовок вокруг продольной оси не допускается.

Местная кривизна блюмов и передельных заготовок не должна превышать 12 мм на 1 метр длины.

После прокатки металла раскаты должны разрезаться на требуемые длины в пределах 1,5-6,0 м.

3.5 Передача металла после охлаждения на термообработку

Требования обязательны для стропальщиков и бригадиров участков, выполняющих работу по транспортировке, складированию, охлаждению и передаче на термообработку блюмов и заготовок, прокатанных на станах «1150» а также для мастеров (старших мастеров, начальников смен), работников ОТК, осуществляющих организацию работ и контроль за выполнением требований данной инструкции, соответственно.

На рабочих местах в пролетах должны быть размещены выписки из настоящей инструкции, отражающие необходимые параметры по складированию и охлаждению металла заданного сортамента.

Классификация марок стали по группам охлаждения представлена в таблице 14.

Таблица 14– классификация марок стали по группам охлаждения

Группа	Марка стали
1	2
8	15X11МФ, 04X13ТЗР1Ф (ЧС82)

Блюмы, заготовки, прутки, полученные после прокатки на станах «1150» и, в зависимости от назначения должны передаваться на охлаждение или, при необходимости, на термообработку согласно режимам, указанным в таблице 15.

Таблица 15– режимы передачи блюмов на термообработку

группа	Охлаждение передельных блюмов			Продолжительность времени от открытия колодцев до начала термообработки товарных блюмов, ч., не более
	Назначенных для прокатки готового сорта профилера размером	колодц ах, в часах ,	не до темпер атуры, °С	
	2	3	4	5
8	Все блюмы после прокатки должны быть скомплектованы в пакеты с массой одного пакета не более 3 т и охлаждаться отдельно пакетами с последующей термообработкой			Термообработка должна быть проведена для кв. менее 250 мм – не ранее, чем через 12 часов и не позднее, чем через 36 часов после конца прокатки.

Перед горячей передачей на термообработку, блюмы должны укладываться в один ряд на площадке для охлаждения металла и охлаждаться для равномерного потемнения.

3.6 Термообработка металла в печах высокого отпуска

Требования обязательны для термистов и загрузчиков проката, осуществляющих подготовку и загрузку печей, технологию термической обработки металла, определение твердости и выгрузку печей, а также для мастеров (ст. мастера), работников ОТК, осуществляющих организацию работ и контроль за исполнением технологической инструкции.

В пролете печей высокого отпуска, согласно схеме расположения оборудования, имеются: печи высокого отпуска с оборудованием обеспечивающим загрузку и выгрузку данных печей, КИП и автоматика, твердомер и другое оборудование.

Состояние футеровки печи, подины, затвора, колосников, нагревательных устройств, контрольно-измерительных устройств и автоматики должно обеспечивать нормальный ход процессов термообработки.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		58

Термообработка металла, маркируемого дополнительно буквами «Ш», должна проводиться по технологии, установленной для металла без дополнительной маркировки.

Металл после прокатки переданный на термообработку на ПВО как «режимный» (гр. 1в) классифицировать как «холодный металл».

Термообработка металла для групп марок стали (таблица 16) должна проводиться, считая от начала прокатки партии не позднее, чем через:

- для 1в группы:

- для профилеразмеров 250 мм и менее не ранее чем через 12 часов, и не позднее, чем через 36 часов;

Регулирование нагрева металла до технологической температуры, определяемой температурой пространства печи, следует производить в следующем порядке:

- до 600 °С – ручное регулирование температуры со скоростью не более 100 °С /час при загрузке холодного металла и без ограничения скорости – для горячего металла;

- при достижении значения температуры в рабочем пространстве печи 600 °С в режиме автоматического регулирования;

- нагрев с 600 °С до технологической температуры должен осуществляться со скоростью 40-60 °С /час.

Таблица 16 – Технологические температуры и продолжительность выдержки блюмов и заготовок при термообработке в печах высокого отпуска

Группа	Марки стали	Профилеразмеры блюмов и заготовок, мм	Погрузка по высоте, ряд	Технологическая температура, °С	Продолжительность выдержки при технологической температуре, ч				Охлаждение
					масса садки				
					50 т и менее		более 50 т		
					охлажденного				
На воздухе	в яме	на воздухе	в яме						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
в	04X13T3P1Ф (ЧС82)	Все профилераз меры	все ряды	700	н.м. 36	н.м. 36	н.м. 36	н.м. 36	на воздухе

Продолжительность и технологические температуры термообработки, соответствующие температуре рабочего пространства печи, в зависимости от марки стали, массы садки, профилеразмера и температурного состояния металла (горячий или холодный) должны соответствовать требованиям, установленным в таблице 16.

В отдельных случаях, при загрузке в печь более 80 т металла продолжительность выдержки при технологической температуре должна увеличиваться на 2 ч для каждой тонны, посаженной сверх 80 т, но не более чем на 6 ч.

Давление в рабочем пространстве печи во время нагрева должно быть отрицательным, во время выдержки – положительным.

Регулирование давления в печи должно осуществляться с помощью шиберов. В процессе нагрева шибер должен быть открытым, при выдержке шибер закрывают.

Термообработка металла марки 04X13T3P1Ф (ЧС82) производится после проката на станах «1150» и «750» в печах высокого отпуска прокатного цеха №1

3.7 Посадка и нагрев блюмов в методической печи стана «750»

Требования технологической инструкции обязательны для нагревальщиков, мастеров (ст. мастера), осуществляющих посадку, нагрев блюмов в печи стана, организацию работ по нагреву металла в печи и работников ОТК, осуществляющих контроль.

Для обеспечения требований в пролете печи стана «750» имеются: нагревательная печь, грузоподъемных механизмы, оборудование для посадки,

проталкивания в печи и выдачи из печи блюмов, КИП и автоматика и другие механизмы.

На рабочих местах нагревальщиков должны быть размещены выписки из технологических инструкции, отражающие необходимые параметры нагрева блюмов.

Нагрев заготовок осуществляется в методической четырехзонной печи с нижним подогревом и боковой выдачей заготовок из печи. Рабочее топливо – природный газ. Основные технические характеристики нагревательной печи стана «750» приведены в приложении А настоящей инструкции.

Для нагрева в методической печи необходимо использовать катаные и кованные квадратные блюмы профилера размерами кв. 180-235 мм и катаные блюмы прямоугольного сечения (слябы) профилера размером 170×260 мм, удовлетворяющие следующим требованиям:

- длина 2,4 – 3,0 м;
- кривизна - не более 30 мм на всю длину;
- отсутствие на поверхности зачищенных холодных блюмов видимых дефектов;
- на каждом блюме (на одном из торцов) должна быть ясно различимая маркировка (марка стали, номер плавки) и, в случае необходимости, номер слитка, литер.

Посадка блюмов должна производиться в технически исправную печь.

Посадка блюмов в печь должна производиться с соблюдением следующих требований:

- на посадочном столе все блюмы одной плавки должны располагаться маркированными торцами только с правой (по ходу движения металла) стороны;

Допускается посадка в печь горячих блюмов всех марок стали, при отсутствии видимых грубых дефектов на поверхности не более чем через 4 часа после их прокатки на стане «1150».

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		61

Первый блюм каждой плавки должен обозначаться перевязкой его проволокой.

Буфер между группами нагрева должен составлять не менее 30 блюмов.

Технологическая температура нагрева блюмов определяется температурой томильной зоны печи и в зависимости от марки стали должна соответствовать таблице 17.

Таблица 17 – Температура нагрева блюмов в методической печи стана «750» в зависимости от марки стали

В градусах Ц

Группы	Марки стали	Температура, °С				
		Томильная зона	2-я сварочная	1-я сварочная	Нижняя зона	Методическая зона
1	2	3	4	5	6	7
	15X25T (ЭИ439), 04X13T3P1Ф (ЧС82)	1100-1150	1120-1180	1100-1150	1100-1150	Не менее 700

Количество блюмов, загружаемых в печь (по зонам):

- методическая – 30;
- 1-я сварочная – 30;
- 2-я сварочная – 43;
- томильная – 23.

При нагреве в печи блюмов марок стали, имеющих различную технологическую температуру нагрева, перевод зон печи на требуемый режим нагрева должен производиться:

- в сварочной зоне - при проходе к этой зоне первого блюма марки стали, требующей иного температурного режима нагрева (за 96 блюмов до выдачи из печи первого блюма данной плавки);

- в томильной зоне - при проталкивании в нее 10 блюмов марки стали, требующей иного температурного режима (за 15 блюмов до выдачи из печи первого блюма данной марки стали).

Количество блюмов, выдаваемых из печи в час, должно быть не более 40.

При уменьшении темпа выдачи (15 и менее блюмов в час) или прекращении выдачи блюмов из печи продолжительностью простоя до 30 минут температура в печи по зонам должна устанавливаться по нижнему пределу, указанному в таблице 17.

При нагреве блюмов марок стали, легированных бором (буква «Р» в маркировке), верхний предел технологических температур должен устанавливаться на 20 - 30°С менее, чем указано в таблице 17 для аналогичных марок стали без бора.

Блюмы марок стали, дополнительно маркируемых буквами «Ш», должны нагреваться по технологии, установленной для обычных (без дополнительной маркировки) марок стали.

Нагрев блюмов марок стали, назначенных для выполнения заказов ТП, экспорта и АЭС, должен осуществляться по режимам, установленным для нагрева марок стали, назначенных по обычным заказам (таблица 17).

При аварийной остановке стана или по другим причинам задержки выдачи блюмов из печи температура во всех зонах должна быть снижена в зависимости от значений таблицы 18.

Таблица 18 – Снижение температуры в нагревательной печи в зависимости от продолжительности простоя

Продолжительность простоя, час.	Снижение температуры на °С, не менее
---------------------------------	--------------------------------------

0,5 - 1,0	30
1,0 - 2,0	50
2,0 - 3,0	100
Более 3,0	200

3.8 Прокат на стане «750» 04X13ТЗР1Ф (ЧС82-Ш)

Стан «750», состоящий из двух клетей «трио», предназначен для прокатки горячекатаных и кованых блюмов (заготовок) профилера размерами кв. 180–235 мм и слябов профилера размером 170×260 мм длиной 2,4-3,0 м на сортовой прокат.

Требования обязательны для вальцовщиков, операторов, мастеров (ст. мастера) и работников ОТК, осуществляющих исполнение, организацию работ и контроль.

Для обеспечения требований на стане «750» согласно проекту и схеме размещения оборудования имеются: рабочие клетки, подъемно-транспортные механизмы, посты управления и другое оборудование, обеспечивающее технологический процесс.

На рабочем месте вальцовщиков стана должны быть размещены выписки из технологической инструкции, отражающие необходимые параметры проката металла на стане.

Блюмы, слябы или заготовки соответствующего профилера размера, нагретые до технологических температур прокатки, не должны иметь различную степень свечения граней (сторон), и должны иметь длину, достаточную для получения прутков мерной длины или кратной мерной длины в соответствии с заказом или заявкой фабрикация станов «280» и «400».

Прокатка металла марки 04X13ТЗР1Ф (ЧС82) на все профилера размеры должна производиться в соответствии с утвержденными схемами прокатки, разработанными калибровочным бюро и утвержденными главным прокатчиком.

Схема проката квадратного профиля 100 мм представлена на рисунке 4.

Рисунок 4–Прокат квадрата 100 мм

Задача первого блюма в стан должна производиться после прокрутки всех механизмов стана в течение не менее 10 мин.

В процессе прокатки необходимо не реже чем через 40 минут работы стана проверять крепление валков в клетях и состояние привалковой арматуры.

Во время прокатки на шейки валков всех клетей стана должна непрерывно подаваться вода.

При любой остановке стана подача воды на валки должна быть прекращена. При перебоях в подаче воды прокатка металла должна быть остановлена.

Запрещается прокатка неравномерно нагретых (имеющих различную степень свечения граней (сторон) или «застуженных» блюмов и раскатов; находившихся на раскатном поле более 2 мин (блюмы) или 1 мин (раскаты).

В процессе прокатки старшим вальцовщиком должен осуществляться контроль за ходом проката металла на стане.

При обнаружении отклонений по размерам профиля или качеству поверхности должны быть выявлены и устранены причины образования дефектов.

Предельно допустимые отклонения по размерам сторон заготовок после прокатки не должны превышать значений установленных в таблице 19.

Контроль качества заготовок должен осуществляться на соответствие полученного профилеразмера заданному (с учетом допусков) и полученного состояния поверхности прутков, требуемого заказчиком.

Таблица 19 - Величина предельных отклонений в зависимости от профилеразмеров передельной заготовки квадратного сечения.

Сторона квадрата, мм	Предельные отклонения, мм
----------------------	---------------------------

85-90	±2,0
95-105	±2,4
110-125	±2,7
130-140	±3,2
160	±3,9

Для контроля качества после прокатки первого бьюма данной плавки (партии) на заданный профила размер от полученных штанг (прутков) должно быть отобрано не менее одной пробы длиной не менее 50 мм.

В дальнейшем контрольные пробы должны отбираться от прутков каждого нового профила размера или другой плавки (марки стали), но не реже, чем через 40 мин работы стана.

3.9 Прокат на стане «400» марки стали 04X13ТЗР1Ф (ЧС82-Ш)

Исходные данные:

марка стали 04X13ТЗР1Ф (ЧС82-Ш);

заготовка сечением 100×100мм;

диаметр валков:

- обжимная клеть - 600 мм, промежуточная клеть 430 мм, 1-3 клетки чистовой линии 430 мм, 4 и 5 клетки чистовой линии 440 мм.

готовый профиль полоса сечением 5x155 мм;

температура начала прокатки 1120 °С;

температура конца прокатки 940 °С.

Принимаем прокат полосы за 9 проходов.

Расчет уширения полосы на обжимной клетки и промежуточной клетки определяем по формуле Бахтинова, результаты расчета представлены в таблице 20.

Таблица 20 - Результаты расчетов формоизменения металла

№	H ₀ ,	B ₀ ,	H ₁ ,	B ₁ ,	Δh,	ΔB,	Козф.	T, °С	Радиус
22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР									Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата					66

прохода	мм	мм	мм	мм	мм	мм	трения f		валка R, мм
1	100	100	60	123	40	23	0,473	1120	300
2	60	123	45	132	15	9	0,475	1115	300
3	45	132	30	144	15	12	0,478	1110	300
4	30	144	20	153	10	9	0,515	1065	215
5	153	20	149	21	4	1	0,449	1025	215
6	21	149	14	151	7	2	0,457	1005	215
7	14	151	10	152	4	1	0,465	985	215
8	10	152	7	153	3	1	0,471	965	215
9	7	153	5	154	2	1	0,478	945	220

Прокат марки стали 04X13ТЗР1Ф (ЧС82-Ш) производить по действующей технологии со следующими особенностями:

Прокатку полосы производить по разработанной калибровке валков.

Рисунок 5 – Схема проката стали марки 04X13ТЗР1Ф (ЧС82-Ш) на полосу
5×155 мм

Для настройки на профиль использовать шихтовые заготовки стали марки 04X13ТЗР1Ф (ЧС82-Ш). Привалковую арматуру настраивать до устранения серповидности полосы.

Порезку полосы производить на аллигаторных ножницах.

Для контроля качества полосы отбирать пробы:

- на механические свойства, межкристаллитную коррозию - по одной пробе длиной 300 мм от двух полос.

Термообработку стали марки 04X13ТЗР1Ф (ЧС82-Ш) после проката на стане «400» производить по следующей технологии:

Загрузка в печь осуществляется пакетами (стопками) со следующими особенностями:

- на бугеля укладывать 3 направляющие штанги;

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		67

- под углом 90° (перпендикулярно направляющим) укладывать переложки (не менее 9 штук), расстояние между которыми не должно превышать 400 мм;
- на переложки по ширине печи укладывать по 5 пакетов в ряд с соблюдением огневых каналов шириной не менее 100 мм; по высоте 2 ряда (по возможности 3 ряда). Ряд от ряда по высоте должен отделяться переложками;
- высота пакета (стопки) должна быть 300 мм.

Садку комплектовать из стали марки 04X13ТЗР1Ф (ЧС82-Ш). Подгрузка других марок не допускается.

Термообработку проводить по следующему режиму: нагрев со скоростью не более $100^{\circ}\text{C}/\text{час}$ до $600-700^{\circ}\text{C}$, выдержка в зависимости от массы садки, но не менее 6 часов, охлаждение на воздухе.

Правку полосы производить на консольной правильной машине, в случае поломки полос, перед правкой производить их подогрев до температуры $100-200^{\circ}\text{C}$.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		68

4 ОХРАНА ТРУДА, ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ГРАЖДАНСКАЯ ОБОРОНА

Требования охраны труда перед началом работы.

- 1 Надеть положенные по типовым нормам спецодежду, обувь и каску.
2. Проверить наличие и достаточность освещения.
3. Чистоту рабочих мест, проходов, закрепленной территории. Отсутствие на рабочих местах и проходах посторонних предметов.
4. Исправность плитового настила переходных мостиков и площадок.
5. Наличие и работоспособность средств связи, световой и звуковой сигнализации.
6. Исправность вентиляции.
7. Целостность и надежность крепления заземляющих проводников.
8. Отсутствие оголенных токоведущих частей.
9. Наличие и исправность средств пожаротушения.
10. Наличие и исправность ручного инструмента и приспособлений
11. Наличие и исправность ограждений.
12. Исправность оборудования.
14. Проверить работоспособность оборудования на «холостом» ходу, убедившись в отсутствии работников в опасных зонах. При этом следует проверить надежность действия блокировок.
15. При выявлении во время осмотра и опробования нарушений требований инструкций по охране труда и неисправностей необходимо доложить об этом мастеру.

Требования охраны труда во время работы посадчика металла.

1. Во время работы ЗАПРЕЩАЕТСЯ:
2. Передавать управление механизмами посторонним работникам.
3. Поправлять заготовку при движении её по цепному транспортеру и рольгангу, а также во время проталкивания её в нагревательную печь.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		69

4. Производить раскантовку заготовок в направлении «от себя».
5. Производить посадку настроечных заготовок с необрезанными или затяжными концами.
6. Производить посадку заготовок с кривизной выше 12 мм на 1 м длины и заготовок длиной менее 1,7 м и более 3,1 м.
7. Производить посадку заготовок с рваными, гнутыми, необрезанными затяжными концами.
8. Производить передвижение заготовок с помощью механизмов при нахождении работников в опасных зонах.
9. Переходить через толкатель, минуя переходной мостик.

Требования охраны труда во время работы нагревальщика металла.

1. Во время работы ЗАПРЕЩАЕТСЯ:
2. Допускать посторонних работников на рабочие площадки печей и на площадки обслуживания газопроводов и их арматуры.
3. Загромождать проходы.
4. Вставать на своды печи.
5. Оставлять работающую печь без присмотра.
6. Включать механизмы, если работники находятся в опасной зоне.
7. Заходить в нижнюю зону подогрева одному.
8. Заливать водой подину печи.
9. Подставлять ломик под выталкиваемую из печи заготовку.
10. Вскрывать и ремонтировать приборы КИП и электроаппаратуры.

Требования охраны труда во время работы вальцовщика металла.

1. Во время работы ЗАПРЕЩАЕТСЯ:
2. Загружать стан раньше звукового сигнала на пуск.
3. Производить ремонт стана или перевалку валков без ограждения зоны ремонта или выставления предупредительных знаков.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						70
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

4. Производить зачистку калибров, замеры и проверку калибров со стороны захвата валков.

5. Находиться напротив торца раската.

6. Допускать нахождение на отводящем рольганге более двух раскатов.

7. Ходить по прокатному полю во время выхода раскатов из калибров, класть на подъёмно-качающиеся столы инструмент и другие предметы.

8. Стоять напротив калибра при выходе из него раската, задавать в валки сильно изогнутые раскаты.

9. Вставлять на проёмы шлеперов и ролики рольгангов.

10. Производить регулировку коробки пропусков руками.

11. Производить замену привалковой арматуры при работающем стане.

Требования охраны труда во время работы оператора металла.

1. Оператору поста управления ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

2. Работать без наличия ключ-бирки на право управления механизмами.

3. Работать на неисправном оборудовании.

4. Допускать на пост управления посторонних работников.

5. Отвлекаться во время работы и заниматься посторонними делами.

6. Работать при отсутствии динамического торможения на механизмах.

7. Работать при неисправностях звуковой и световой сигнализации.

9. Производить работу при включенном на следующем по ходу технологического процесса посту управления красном световом сигнале.

10. Работать, если в опасной зоне находятся работники или посторонние предметы.

Требования охраны труда во время работы резчика металла.

1. Во время работы ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

2. Разрезать металл с температурой ниже 700 °С.

3. Разрезать металл, если он зажимает диск пилы.

4. Производить порезку, если на диск пилы не поступает вода для охлаждения.

5. Разрезать металл диском пилы с заваренными зубьями и при их

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		71

отсутствии, а также при наличии на диске пилы трещин.

6. При работающей пиле находиться в плоскости вращения её диска.

7. Находиться на рольгангах.

8. Применять неисправный и несоответствующий характеру выполняемой работы инструмент.

9. Разрезать на пиле одновременно два раската.

10. Удерживать клещами раскаты при их порезке.

Требования охраны труда во время работы клеймовщика металла.

1. Во время работы ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

2. Работать неисправным инструментом.

3. Во время клеймения находиться на рольганге.

4. Производить клеймение при нахождении работников в опасной зоне.

5. Производить клеймение без защитных очков.

6. Стоять возле кармана для накопления металла во время сбрасывания в него металла

Требования охраны труда во время работы уборщика металла.

1. Во время работы ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

2. При укладывании металла в колодцы замедленного охлаждения работать крючком короче не менее 2,5 метра.

3. Использовать для транспортировки крышек не предназначенные для этого грузозахватные приспособления.

4. Производить транспортировку крышки ям при наличии на ней пакета металла, отдельных штанг, переложек.

5. Поднимать и производить транспортировку пакета металла за проволоку, которой он увязан.

6. Укладывать в колодцы и на склад со слабой увязкой пакеты.

7. Нарушать схему складирования металла.

8. Становиться на обортовку колодцев замедленного охлаждения.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		72

9. Загромождать проходы и нарушать габариты.

Требования охраны труда в аварийных ситуациях.

1. Выйти из опасной зоны.

2. Предупредить об опасности находящихся в опасной зоне людей.

3. Оградить опасную зону или выставить посты, предупреждающие об опасности направляющихся в эту зону людей.

4. Немедленно сообщить о происшествии мастеру или другому вышестоящему руководителю.

5. Работы по ликвидации аварий могут проводиться без оформления наряда-допуска только до устранения прямой угрозы людям и оборудованию.

6. Дальнейшие работы по ликвидации аварий и их последствий должны проводиться после оформления наряда-допуска.

Требования охраны труда по окончании работы.

1. Отключить все механизмы и изъять ключ-бирки из замков-выключателей.

2. Привести в порядок рабочее место и закрепленную территорию.

3. Ручной инструмент и инвентарь привести в порядок, сложить в отведенном месте. Поврежденный в течение смены инструмент и инвентарь сдать мастеру для ремонта.

4. Сообщить сменщику обо всех имевших место в процессе работы нарушениях и неисправностях оборудования и принятых для их устранения мерах.

5. Передать мастеру ключ-бирки.

6. Доложить мастеру о результатах сдачи смены.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		73

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы над проектом, на примере марки ЧС82–Ш, необходимо было разработать технологию проката полосового профиля 5×155 мм.

Проблема проката стали марки 04Х13ТЗР1Ф (ЧС82–Ш) заключается в том, что в ходе проката были выявлены дефекты: серповидность, рванины по граням, по размеру.

Данные проблемы решаются следующими способами:

1. Для исключения дефекта серповидность необходимо использование дополнительных направляющих на отводящем рольганге от рабочей, чистовой клетки, настройки привалковой арматуры.

2. Для исключения отклонений по размеру необходимо произвести настройку стана с дополнительным прокатом настроенной заготовки стали марки 04Х13ТЗР1Ф(ЧС82–Ш).

3. Для исключения дефекта рванины по граням необходимо обеспечить равномерную скорость проката данного профиля, что обеспечит равномерный нагрев металла в печи.

Соблюдение перечисленных пунктов позволит получить следующие результаты:

- полученное качество полосовой заготовки будет удовлетворять требованиям технических условий и требованиям заказчика.

- производство полосы из стали марки ЧС82-Ш будет с наименьшими потерями при отбраковании по перечисленным видам дефектов.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		74

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Поволоцкий Д.Я. Рощин В.Е., Мальков Н.В. Электрометаллургия стали и ферросплавов: Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Metallurgy, 1995. - 592 с.
2. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. Общая металлургия: Учебник для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. – 768 с.
3. Еднерал Ф.П. Электрометаллургия стали и ферросплавов. – М.:Металлургиздат, 1963. – 640 с.
4. Строганов А.Н., Рысс Н.А. Производство стали и ферросплавов. – М.:Металлургия, 1974. – 400 с.
5. Лякишев Н.П., Плинер Ю.Л., Лаппо С.И. Борсодержащие стали и сплавы. – М.:Металлургия, 1986. – 190 с.
6. ТУ14-1.4599-82. Сталь марки 04Х13ТЗР1Ф(ЧС-82)
7. Сорокин В.Г., Волосникова А.В., Вяткин С.А. и др.; Под общ. ред. Сорокина В.Г. Марочник сталей и сплавов. - М.: Машиностроение, 1989. - 640 с.
8. Производство стали марки ЧС 82-Ш. ВТИ №30-Э-2003
9. Технологические инструкции на ЭШП сталей и сплавов.
10. Демидов А.В., Павлова Н.П., Рябов В.А., Борисов В.В. Освоение производства слитков ЭШП сталей, легированных бором.
11. Выплавка стали и сплавов в индукционных печах. ТИ 01-И-2001
12. Технологические инструкции ЗМЗ-ЭДП. Выплавка стали и сплавов в электродуговых печах с основной футеровкой. – Златоуст: ОАО "ЗМЗ", 2005. – 608 с.
13. Производство стали марки ЧС 82-Ш. ВТИ №30-Э-2003
14. Технологические инструкции ЗМЗ-ТОД-001. Передел металла в прокатном цехе №1 часть1. – Златоуст: ОАО "ЗМЗ", 2013.
15. Технологические инструкции ЗМЗ-ТОД-001. Передел металла в прокатном цехе №1 часть2. – Златоуст: ОАО "ЗМЗ", 2013.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		75

16. Глебов А.Г., Машкевич Е.И. Электрошлаковый переплав. – М.:Металлургия, 1985. – 343 с.

17. Чуманов В.И. Технология электрошлакового переплава: Учебное пособие. - Челябинск.- изд. ЮУрГУ, 1999. - 143 с.

18. Ойкс Г.Н, Йоффе Х.М. Производство стали: Учебник для вузов. – 3-е издание - М.: Metallurgy, 1969. – 520 с.

19. Ойкс Г.Н, Йоффе Х.М. Производство стали: Учебник для вузов. – 4-е издание - М.: Metallurgy, 1975. – 480 с.

					22.03.02.2021.320.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						76
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		