

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт политехнический
Факультет материаловедения и металлургических технологий
Кафедра пирометаллургических процессов

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

Профессор МиФХМ, к.т.н.

_____ / Кузнецов Ю.С./

« ____ » _____ 2019 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

И. о. заведующего кафедрой,
к.т.н.

_____ / Гамов П. А./

« ____ » _____ 2019 г.

РАБОТА СИСТЕМЫ МЯГКОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЖАТИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РЯДОВЫХ
МАРОК СТАЛИ (СТЗСП И СТ1СП) НА СЛЯБОВОЙ МНЛЗ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–22.04.02.2019. ПЗ ВКР

Консультант

доц., к.т.н.

_____ /Зырянов С.В./

« ____ » _____ 2019 г.

Консультант

начальник участка МНЛЗ

_____ /Елесеев Э.Н./

« ____ » _____ 2019 г.

Консультант

старший мастер МНЛЗ

_____ /Артемьев Е.В../

« ____ » _____ 2019 г.

Руководитель работы

проф., д.т.н.

_____ /Роцин В.Е./

« ____ » _____ 2019 г.

Автор работы

студент группы П-241

_____ /Волошин А.А./

« ____ » _____ 2019 г.

Нормоконтролер

Доцент, к.т.н.

_____ / Салихов С. П. /

« ____ » _____ 2019 г.

АННОТАЦИЯ

Волошин А. А. Работа системы мягкого динамического обжатия при производстве рядовых марок стали (СтЗсп и Ст1сп) на слябовой МНЛЗ. Челябинск: ЮУрГУ, МиМТ; 2019, 61 с. ил.22 библиогр. список – 12 наим.

Производство металла в современном мире вышло на новый уровень с появлением МНЛЗ, технология производства полупродукта облегчилась. Качество отливаемых заготовок зависит от многих факторов, один из основных это мягкое обжатие.

Дипломный проект посвящен работы системы мягкого динамического обжатия при производстве рядовых марок стали (СтЗсп и Ст1сп) на слябовой МНЛЗ.

Выполнено описание цеха, работа системы мягкого обжатия, технология производства сплава. А также рассмотрены вопросы охрана труда и техники безопасности.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. Анализ продукции.....	8
2. Материал отливки.....	8
2.1 Химический состав стали СтЗсп и Ст1сп.....	8
2.2 Механические свойства.....	9
3. Технология и оборудование для выплавки стали.....	10
3.1 Конструкция дуговой плавильной печи.....	10
3.2 Особенности процесса плавки.....	12
3.3 Внепечная обработка стали.....	14
3.4 Основные требования к разливке стали на МНЛЗ.....	18
4. Непрерывная разливка стали.....	20
4.1 Технические характеристики МНЛЗ	21
4.2 Проверка системы вторичного охлаждения	25
4.3 Общие положения по разливке стали на МНЛЗ.....	25
4.4 Разливка стали СтЗсп и Ст1сп.....	28
5. Работа системы мягкого динамического обжатия.....	30
6. Виды брака.....	45
7. Безопасность жизнедеятельности	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	53
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	54

ВВЕДЕНИЕ

Проблема качества непрерывнолитых заготовок является центральной в непрерывной разливке и ей подчинен весь процесс создания МНЛЗ. Современные требования к МНЛЗ включают разработку системы управления качеством, т.е. такой системы, которая позволяет наилучшим образом реализовать все структурные и технологические возможности, заложенные в МНЛЗ ее создателями. Она должна регистрировать и устанавливать взаимосвязь параметров, характеризующих качество (бальность трещин, вид дефектов, их качество и т.д.) с различными параметрами, характеризующими процесс непрерывного литья, такими как температура жидкого металла, химический состав, скорость литья, амплитудно-частотные характеристики механизма качания кристаллизатора, расходы охладителя по зонам вторичного охлаждения и на оборудование (кристаллизатор, ролики, роликовые опоры и др.) и многими другими. Установление такой причинно-следственной связи должно быть оперативным и позволять обслуживающему персоналу принимать правильные решения как в ходе процесса литья, так и в корректировании технологии. Эти решения могут касаться как управления уровнем металла в кристаллизаторе или корректировки границ участка мягкого обжата, так и усовершенствования системы охлаждения заготовок или химического состава шлакообразующих смесей. Создание системы управления качеством осуществляется на базе математического моделирования технологического процесса, адаптированного к системе автоматического управления контролем МНЛЗ.

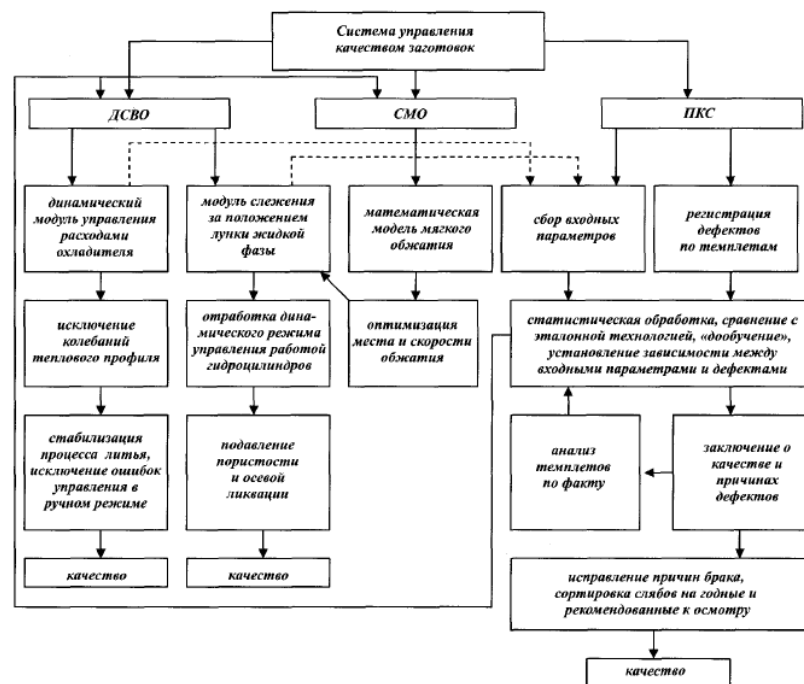


Рисунок 1 — схема системы управления качеством заготовок [1]

В целом этот комплекс позволяет получить качественную заготовку.

Данная работа направлена на изучение работы системы мягкого динамического обжата для производства рядовых марок стали (Ст3сп и Ст1сп) сечением 170*1030-1550 мм на слябовой МНЛЗ.

1. Анализ продукции

Сляб – это металлургический полупродукт, который имеет вид стальной заготовки с прямоугольным сечением. При этом ширина сляба существенно больше его толщины. Наиболее частые размеры сляба:

Ширина – 400-2500 мм; Толщина – 75-600 мм; Длина – до 12 м.

Слябы получают из слитков прокаткой на обжимных станах – слябингах или из жидкого металла на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Далее слябы прокатывают в листовую сталь.

2. Материал отливки

Сляб изготавливается из стали марки Ст3сп и Ст1сп. Листовой и профильный металлопрокат применяется в различных отраслях промышленности, предназначен для сборки металлических конструкций с клепанными, болтовыми и сварными соединениями. Сталь Ст3сп и Ст1сп наиболее востребована в строительной отрасли, она не имеет ограничений по проведению сварочных работ[2].

2.1 Химический состав стали

Таблица 1— состав в % Ст1сп[3]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu
0.06-0.12	0.15-0.30	0.20-0.50	до 0.30	до 0.050	до 0.040	до 0.30	до 0.01	До 0.30

Таблица 2— состав в % Ст3сп[4]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu
0.14-0.22	0.15-0.30	0.40-0.70	до 0.30	до 0.050	до 0.040	до 0.30	до 0.01	До 0.30

2.2 Механические свойства

Основные характеристики стали Ст3сп и Ст1сп можно встретить в специальной литературе. Некоторые качества зависят от температуры окружающей среды и некоторых других факторов.

Таблица 3— механические свойства при T= 20°C материала Ст1сп

Сортамент	σ_B	σ_T	δ_5
Обозначение	МПа	МПа	%
Прокат, ГОСТ 535-2005	315-410	175-205	31-34

Таблица 4— механические свойства при T=20°C материала СтЗсп

Сортамент	σ_B	σ_T	δ_5
Обозначение	МПа	МПа	%
Прокат, ГОСТ 535-2005	370-490	205-255	23-26

Эксплуатационные свойства при необходимости стали СтЗсп и Ст1сп могут быть улучшены путем термической и других видов обработки. Чаще всего проводится закалка поверхности и отпуск:

1. В первом случае достигается повышение твердости поверхности. Воздействие высокой температуры способствует перестроению и уплотнению структуры металла. Закалка производится на специальном оборудовании, разогревающее заготовку до требуемой температуры. Охлаждающая среда - водяная или масляная ванны. Снижение вероятности появления окалины и других дефектов достигается при охлаждении заготовки в масле, так как оно обеспечивает равномерное снижение температуры.

2. Отпуск позволяет достигнуть снижения внутренних напряжений, которые в свою очередь являются вероятностью возникновения поверхностных или внутренних дефектов. Данный вид термической обработки предполагает нагрев до более низкой температуры, однако повышение и снижение температуры необходимо проводить постепенно. Эти меры позволяют повысить основные эксплуатационные характеристики стали С255.

Закалка и отпуск чаще всего требуются в случае, когда заготовка небольших размеров. Массивные изделия сложны в обработке, так как для их разогрева требуется крупногабаритное специализированное оборудование.

Рассматриваемый сплав обладает отличными механическими свойствами, однако, присутствует неустойчивость к коррозии. Именно поэтому создаваемые конструкции требуют защиты от воздействия влаги и некоторых других химических веществ. Чаще всего требуется двойное окрашивание поверхности водостойкой краской при предварительном грунтовании основания. Повышение стойкости к коррозии конструкции достигается горячим оцинкованием, так как цинк выдерживает воздействие влаги и химических веществ[5].

3. Технология и оборудование для выплавки стали

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

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

3.1 Конструкция дуговой плавильной печи

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

Схема компоновки каркаса печи и обслуживающих работу печи механизмов приведена на рисунке 2.

Каркас печи – несущая конструкция, которая необходима для размещения футеровки и крепления механизмов. Все нагрузки от установки свода, температурного расширения кирпичной кладки, массы шихты и жидкого металла, а также от работы механизмов печи воспринимаются именно каркасом, поэтому каркас изготавливают сварным из толстолистовой стали, упрочняя его ребрами жесткости. На каркас устанавливают съемный свод, кладка которого опирается на сводовое кольцо. Полное сводовое кольцо охлаждается водой. Через свод в рабочее пространство вводятся электроды. Для обслуживания печи во время работы в передней стенке предусмотрено рабочее окно. Через рабочее окно производят осаживание шихты при плавлении и скачивание шлака. Для слива жидкого металла служит желоб. Каркас печи изнутри футерован огнеупорным кирпичом.

Рабочее пространство и ванна для жидкого металла печи ограждены кладкой (футеровкой) стен и пода, сверху закрыты сводом. Футеровка бывает и кислой, и основной. Кислая футеровка стен и пода выкладывается динасовым кирпичом, кладка свода также выполняется динасовым кирпичом. Набивку пода (несколько

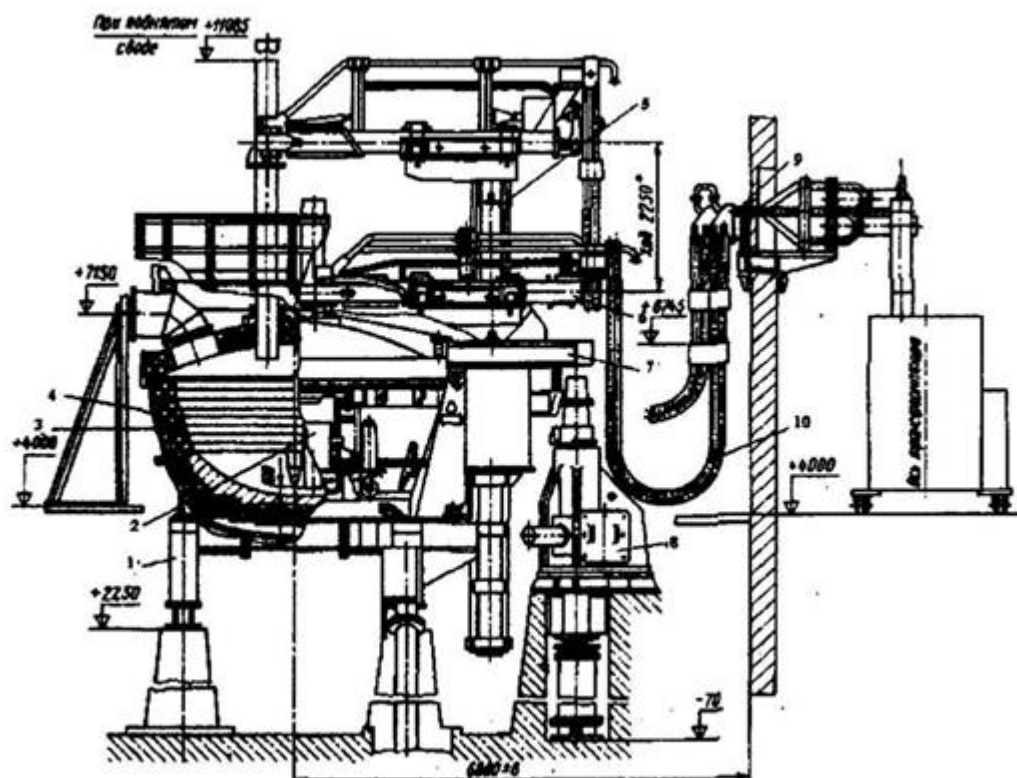


Рисунок 2 – конструкция дуговой печи ДСП – 100

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

уплотненных слоев небольшой толщины), служащую для предохранения кирпичной кладки пода, выполняют трамбованием смеси кварцевого песка с жидким стеклом. Основная футеровка стен и кладки пода осуществляется магнезитовым кирпичом, свод же для повышения стойкости выкладывают хромомagneзитовым или магнезитохромитовым кирпичом. Набивку пода выполняют смесью магнезитового порошка с каменноугольной смолой.

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

В процессе оплавления шихты и обгорания электродов они опускаются вниз. В моменты короткого замыкания между шихтой и электродами их необходимо

быстро поднимать. Для управления перемещением электродов служит специальный механизм.

Подъем и опускание электродов в процессе плавки производится через установленный на печь свод. При завалке шихты рабочее пространство печи требует открытия, то есть снять свод. Поэтому электроды предварительно выводят из рабочего пространства и поднимают над сводом. Управление перемещением свода осуществляют специальным механизмом. Механизм последовательно выполняет две операции: приподнимает свод на 250 - 300 мм над печью, затем поворотом на 90 - 100° отводит его в сторону. Свод при помощи цепей подвешен к portalу поворотного механизма, выполненному в виде двух Г - образных стоек, связанных поперечной балкой. Перемещение цепей и свода обеспечивает электропривод. Portal и привод установлены на поворотной тумбе. Для слива металла через желоб печь на сегментах наклоняют гидроцилиндр[6].

3.2 Особенности процесса плавки

Шихта. Основным компонентом шихты дуговой электроплавки – является стальной лом. Лом необходимо очистить от ржавчины (гидрата окиси железа), которая вносит в металл много водорода. Лом не должен содержать цветных металлов и иметь минимальное количество серы и фосфора. Для введения в расплав расчетного содержания углерода в состав шихты включают чугун, кокс или электродный бой. Чугун также как и лом, должен обладать минимальным количеством фосфора и серы. Легирующие элементы поступают в сталь с ферросплавами. Шлакообразование в кислых печах обеспечивают введением кварцевого песка, шамотного боя и извести, в основных - извести, плавикового шпата и шамотного боя. Окислителями служат руда, окалина прокатных работ и кислород.

Заправка печи. Состоит в исправлении поврежденных участков пода и удалении остатков предыдущей плавки. Поврежденные места забрасываются кварцевым песком или магнезитовым порошком («наваривают» подину).

Завалка шихты. После отвода свода в открытую печь опускают корзину (бадью) с шихтой. В корзине набрана шихта, по массе равная вместимости печи по жидкой стали. Шихта в корзину поступает в следующем порядке: на дно укладывают слой мелкого лома, на него - крупные тяжелые куски лома, по периферии укладки размещают остальной мелкий лом. Электродный бой или кокс для уменьшения помещают под крупные куски лома. В составе завалки включают 2-3 % извести, чтобы при плавлении происходила частичная дефосфорация металла. Корзины оборудованы открывающимся дном, что позволяет шихте высыпаться на подину с малой высоты, не повреждая ее.

Плавление. После завершения завалки, свод устанавливают на печь и вводят электроды. Включают ток и зажигают дуги. Впервые минуты, когда бурт шихты высок, электроды подняты высоко и дуги горят под сводом. Чтобы не допустить прожогов свода, максимальную мощность тока не применяют. По мере проплавления «колодцев» электроды опускаются и дуги оказываются экранированы слоем шихты. Затем плавление ускоряется, переключая печной трансформатор на ступень максимального вторичного напряжения. Постепенно образуется «ванна» жидкого металла. При глубоких колодцах куски шихты, обрушиваясь, могут касаться электродов, вызывая короткие замыкания, которые автоматически прерываются кратковременным подъемом электродов.

Оплавленные куски шихты, свариваясь, образуют мосты. В этом случае шихта не может самопроизвольно оседать в жидкий металл, плавление замедляется и уровень жидкого металла в ванне не повышается. Дуги горят между электродами и поверхностью жидкого металла. Но горение дуг вблизи подины вызывает выгорание ям в наварке пода и разрушает кладку. Возникает необходимость разрушения мостов и сталкивания кусков шихты в расплав. В конце расплавления шихта уже не экранирует электрические дуги. Открытые дуги большой длины и мощности сильно разрушают футеровку стен и свода. На конечной стадии плавления печной трансформатор необходимо опять переключать на более низкую ступень напряжения, уменьшая подводимую к печи мощность [7].

После завершения расплавления в результате полного окисления кремния, окисления марганца на 50-60%, частичного окисления железа и расплавления извести на поверхности ванны жидкого металла образуется плавильный шлак. В плавильный шлак переходит значительная часть фосфора шихты, поэтому его сливают. Для слива шлака печь наклоняют в сторону рабочего окна на 10-12° и «скачивают» шлак деревянными скребками. Далее процесс ведут в соответствии с имеющейся в наличии шихтой и требованиями к выплавляемой марке стали.

В промышленности сложились следующие варианты ведения плавки (таблица 5).

Таблица 5 – сталеплавильные процессы

Тип футеровки печи	Технологический процесс	Технологический процесс
кислая футеровка	активный	кремне - восстановительный
основная футеровка	с окислением примесей	без окисления примесей

3.3 Внепечная обработка стали

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

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

По стадийное осуществление технологических операций в разнесенных агрегатах позволяет корректировать результаты операций, проводимых на предыдущей стадии, без снижения темпа производства, что значительно повышает точность и стабильность получаемых результатов.

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

Подготовка расплава помимо снижения в расплаве содержания серы, растворённых газов, неметаллических включений до допустимого уровня

заключается ещё и в нагреве с необходимой точностью, за требуемое время и с наименьшими затратами до температуры, достаточной для гарантированного поддержания её на определённом уровне на протяжении всего времени разливки.

Кроме того, внепечные агрегаты используются для синхронизации стадий сталеплавильного процесса, включая разливку стали на МНЛЗ.

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

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

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

Печь-ковш АКП (рисунок 3) представляет собой буферную единицу “накопления” между плавильной печью и установкой непрерывной разливки стали, дающей возможность организации разливки по технологии “плавка-на-плавку”, с огромными преимуществами в плане энергосбережения, получаемыми при сокращении простоев МНЛЗ. Ковшовая обработка стали позволяет провести эффективное и адекватное рафинирование, и кроме того, значительно облегченное в силу отсутствия шлака, и полностью индивидуализированное для каждой марки стали.

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

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

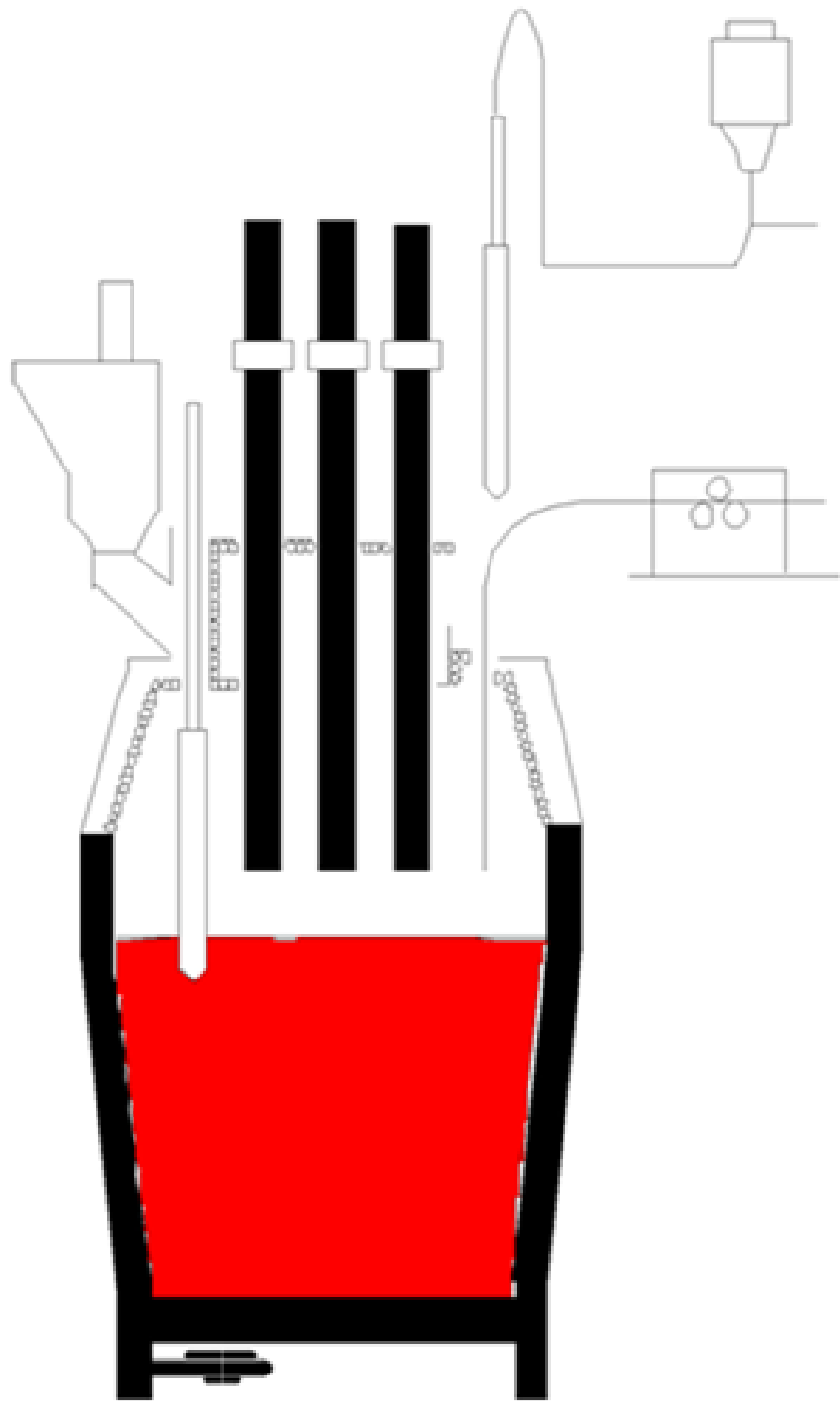


Рисунок 3 – агрегат «ковш-печь»

Таблица 6 – технические характеристики агрегата «ковш-печь»

Параметры	Значение
Общая информация	
Тип ковшовой печи	(подъемный свод) 2
Ковшовая система	140
Номинальный объем нагрева, т	90
Минимальный объем нагрева, т	270
Толщина огнеупорной стенки, мм	500
Толщина огнеупорного днища, мм	400
Печь-ковш	
Огнеупорный свод, толщина, мм	200
Диаметр электрода, мм	406
Диаметр распада электродов, мм	700
Тип электрода к применению плотности	высокий
Ход подъема, мм	2700
Продувка газа	
Пористые заглушки для ковша	2
Макс. скорость потока газа на заглушку N м ³ /мин	600
Тип инертного газа к использованию	Ar/N ₂
Количество автом. регулировок потока на тележку ковша	2 на тележку
Аварийная продувочная фурма Макс. поток газа на аварийную фурму N м ³ /мин	1 600
Газы (Азот/Аргон)	
Требуемая чистота (Ar) Требуемая чистота (N ₂)	99,99%
Инертный газ – давление подачи (сеть) (N ₂)	99,7%
Ar/N ₂ пиковая скорость в печи, N м ³ /ч	12 бар
Ar/N ₂ средняя скорость потока в печи, N м ³ /ч	144
Ar/N среднее потребление на плавку, N м ³	35
пиковая скорость потока при выпуске плавки, N м ³ /ч Ar/N ₂	25
средняя скорость потока при выпуске плавки, N м ³ /ч Ar/N среднее потребление	72

3.4 Основные требования к разливаемой стали для МНЛЗ.

1. Подаваемый на разливку металл должен быть обработан на установке внепечной обработки ВПО (АКП или ВД(ВОД)) согласно действующей НД. Металл, не обработанный на ВПО, с отклонениями по химическому составу и температур, к разливке на МНЛЗ не допускается.

2. Технологические параметры разливки для каждой марки стали должны соответствовать технологическим картам выплавки и разливки (ТКВР), разрабатываемыми ИТЦ.

3. Рекомендуемые общие требования к химическому составу стали для обеспечения разливки на МНЛЗ-2 и высокого качества заготовки приведены в таблице 7.

4. Температура выдачи металла с ВПО на МНЛЗ должна соответствовать ТКВР на данную марку стали. Рекомендуется увеличить температуру металла на ВПО перед выдачей на МНЛЗ для первой плавки в серии (на проковш).

5. Продолжительность времени между последним измерением температуры металла на АКП или ВД и открытием шиберного затвора не должна превышать 20 минут.

Таблица— 7 рекомендуемые общие требования к стали для разливки на МНЛЗ-2

Химический элемент или соотношение элементов	Рекомендуемая массовая доля элементов и их соотношение	Примечание
1. Сера(S), если не оговорено мин. значение	$S \leq 0,015\%$	Для предотвращения образования трещин на слябах.
2. Фосфор(P), если не оговорено мин. значение	$P \leq 0,020\%$	Вредная примесь
3. Медь(Cu), если не оговорено мин. значение	$Cu \leq 0,20\%$	Остаточный элемент
4. Олово(Sn)	$Sn \leq 0,03\%$	Остаточный элемент
5. Мышьяк(As)	$As \leq 0,03\%$	Остаточный элемент
6. Азот(N ₂), если не оговорено мин. значение	$N_2 \leq 105 \text{ ppm}$	Вредная примесь

7. Водород (H_2), если не оговорено мин. значение	$H_2 \leq 2$ ppm для стали с вакуумной обработкой $H_2 \leq 7$ ppm для стали без вакуумной обработкой	<p>Для предотвращения образования флокенов. Измерение производить в стальковше в конце обработки. Для предотвращения прорывов металла на МНЛЗ.</p>
8. Кислород (O_2)	$O_2 \leq 15$ ppm	Для предотвращения газовых пузырей в слябе.
9. Соотношение марганец к сере (Mn/S)	$Mn/S > 30$	Для снижения вредного влияния серы и предотвращения образования трещин на слябах.
10. Соотношение массовой доли кислоторасстворимого алюминия к общей массовой доле алюминия	$Al_{к-р} / Al_{общ} < 0,95$	Для предотвращения затягивания металлопровода окислами алюминия.

4. Непрерывная разливка стали

Непрерывное литье заготовок – это производительный способ отливки жидкой стали в водоохлаждаемую изложницу без дна — кристаллизатор, из которого получаемая отливка вытягивается вниз по мере её отвердевания. Принципиальный недостаток схемы с перемещением заготовки относительно кристаллизатора — большие силы трения заготовки о стенки кристаллизатора, а отсюда следуют ограничения в скорости разливки, которая должна была обеспечить формирование достаточно толстой и прочной корочки затвердевшего в кристаллизаторе металла.

Кристаллизатору придают небольшие возвратно-поступательные колебания, которые легко подрывают контакт на узком пояске формирующейся корочки с кристаллизатором ещё на уровне мениска жидкой ванны. При дальнейшем охлаждении корочка практически не соприкасается со стенками кристаллизатора, что значительно уменьшает силы трения между слитком и кристаллизатором.

Суть непрерывной разливки состоит в том, что расплавленную сталь из сталеразливочного ковша постепенно переливают в промежуточное устройство — промежуточный ковш МНЛЗ (рисунок 4). Из промежуточного ковша металл под небольшим ферростатическим давлением с регулируемой скоростью поступает в кристаллизатор МНЛЗ. По мере образования твердой корочки формирующийся слиток при помощи роликовой проводки вытягивается из кристаллизатора. После затвердевания сердцевины слиток разрезается на мерные заготовки.

В зависимости от направления основной технологической оси - направления движения непрерывнолитого слитка различают машины вертикального типа, радиальные (рисунок 4, в), криволинейные (рисунок 4, г) и горизонтальные. Изгиб заготовок в твёрдом и особенно в двухфазном состоянии позволил существенно уменьшить высоту МНЛЗ и повысить скорость разливки, поскольку протяженность зоны затвердевания перестала лимитироваться высотой вертикальной части технологической оси. Выход заготовок из МНЛЗ в горизонтальном положении создал предпосылки для совмещения в единый технологический процесс разливки и прокатки.

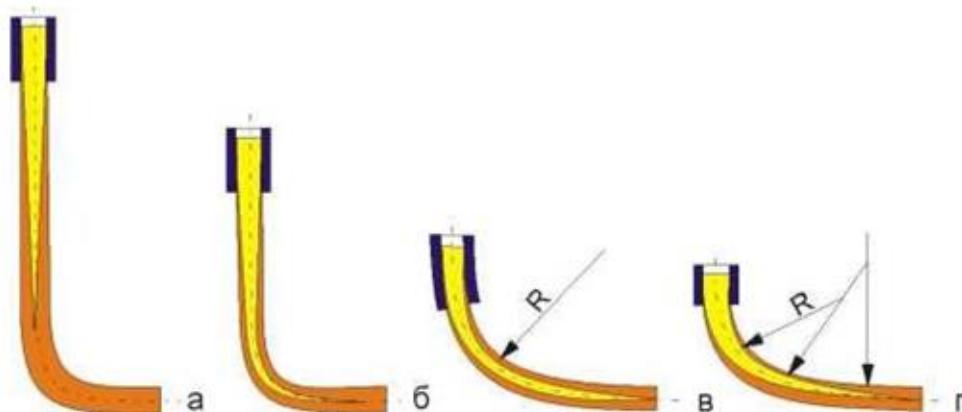


Рисунок 4 – МНЛЗ с криволинейной технологической осью: а — изгиб затвердевшей заготовки, б — изгиб заготовки с жидкой сердцевиной, в — радиальный изгиб, г — криволинейный изгиб

4.1 Технические характеристики МНЛЗ

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

Краткие технические характеристики МНЛЗ приведены в таблице 4.

Таблица 8 – краткие технические характеристики МНЛЗ

Параметр	Техническая характеристика
Тип МНЛЗ	криволинейная с радиальным участком
Количество ручьев	1
Радиус кривизны базовой стенки кристаллизатора, мм	9000
Металлургическая длина МНЛЗ, мм	25815 (от верха медных плит кристаллизатора до оси последнего ролика сегмента)
Тип затравки	цепного типа нижнего заведения

Тип кристаллизатора	Радиальный , кассетного типа
Материал рабочих стенок кристаллизатора	Cu+Cr+Zr с покрытием слоем Ni
Высота плит кристаллизатора, мм	900
Тип механизма качания	гидравлический
Частота качания кристаллизатора , мм	25-400
Амплитуда качания, мм	±(3-7)
Форма волны	синусоидальная
Датчик уровня металла в кристаллизаторе	электромагнитный, по принципу токов Фуко
Управление стопором	гидравлическое
Допускаемое отклонение уровня металла в кристаллизаторе, мм	±2
Количество преобразователей термоэлектрических(далее- термопар) системы предупреждения прорывов металла в кристаллизаторе («MBPS»)	4 ряда термопар ×6шт. (широкая стенка) брядов термопар ×2 шт. (узкая стенка)
Толщина отливаемых слябов, мм	170 и 250
Ширина отливаемых слябов, мм	1030-1550
Длина слитков после порезки «Ge-Ga», мм	3700-12000
Максимальная скорость разливки для слябов толщиной 170 мм, м/мин	1,80
Максимальная скорость разливки для слябов толщиной 250 мм, м/мин	1,15
Минимальная рабочая скорость разливки, м/мин: -для слябов толщиной 170 мм -для слябов толщиной 250мм	0,80 0,70

Количество роликовых сегментов на МНЛЗ:	
Тип «0»-	1
Тип «А»-	5
Тип «В»-	1
Тип «С»-	1
Тип «D»-	4
Зона возможной работы мягкого обжатия	Сегменты с 1 по 11
Вторичное охлаждение	два контура водяного охлаждения, 16 контуров водовоздушного охлаждения с автоматическим регулированием расходов воды и воздуха
Отметка разливочной площадки, мм	10130
Максимальная масса металла в стальковше, т	125
Оборудование для резки заготовок	Машина газовой резки фирмы «Ge-Ga»
Масса металла в промковше, т	
-максимальная	18,4
-минимальная	14,0
Высота подъема промковша, мм	510
Грузоподъемность подъемно – поворотного стенда(ППС), т	
-рабочая сторона	200
-резервная сторона	60
Угол поворота стенда , градус	180
Высота подъема	900

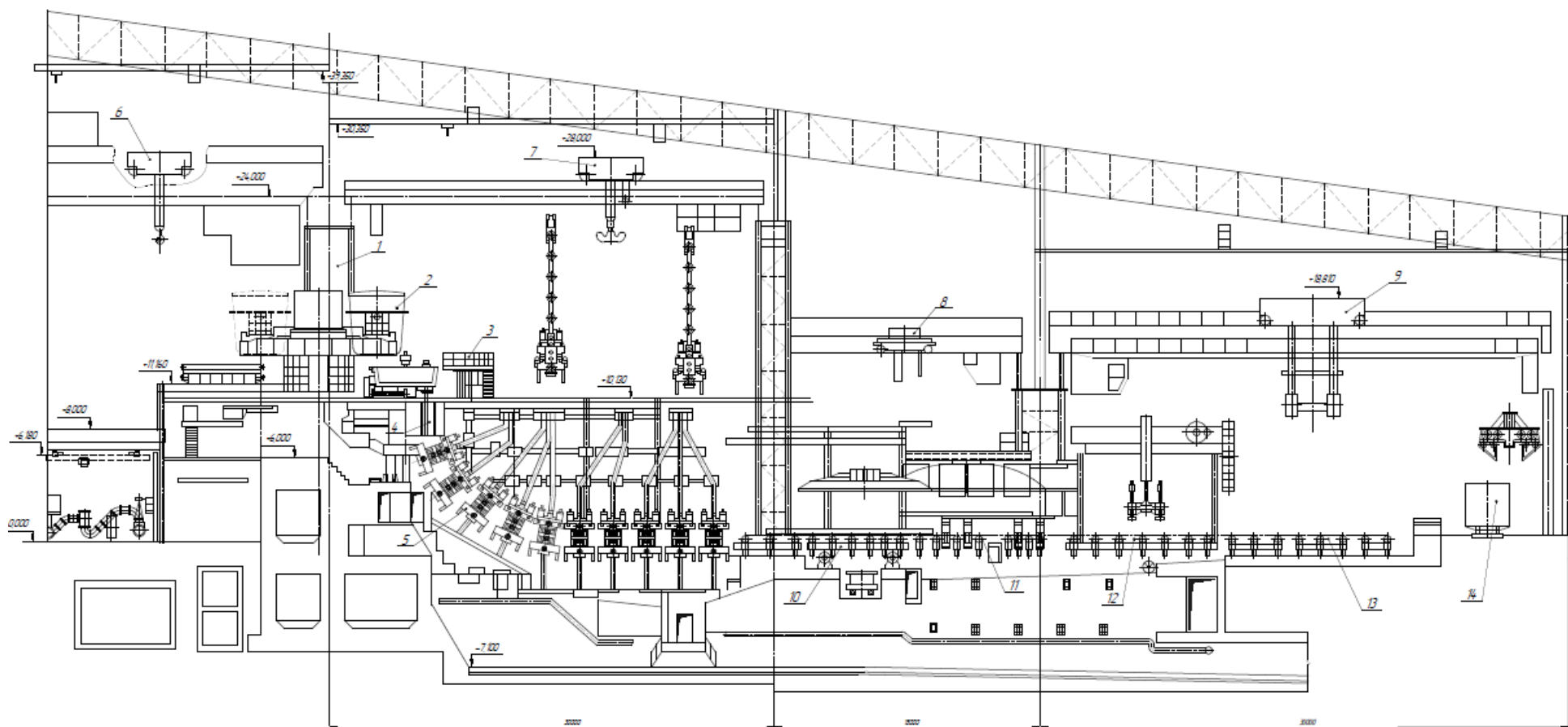


Рисунок 5— схема МНЛЗ №2. 1 - ППС; 2 - Стальковш; 3 - Балкон; 4 - Кристаллизатор; 5 - Сегменты; 6 - Разливочный кран; 7 - Ремонтный кран; 8 - Вспомогательный кран; 9 - Кран уборки сляб; 10 - Падающие ролики; 11 - Агрегат порезки на мерные длины; 12 - Транспортные рольганги; 13 - Стол разгрузки; 14 - Вагоны [9]

4.2 Проверка системы вторичного охлаждения

Проверить визуально установку коллекторов и форсунок относительно роликовых секций. Распыляемые факелы водовоздушной (водяной) смеси должны лежать в плоскости, перпендикулярной оси МНЛЗ.

Оператор проверяет работу форсунок «подбоя» и системы вторичного охлаждения. Работа форсунок каждого сегмента и на каждую грань слитка проверяется отдельно при заданных режимах охлаждения.

Расходы воды приведены в таблице 9.

Таблица 9 – расходы воды кристаллизатора (ширина сляба 1030...1550 (мм), Н=900 мм)

Группа марок стали	Тип стали	Расход воды по правой узкой грани, л/мин	Расход воды по левой узкой грани, л/мин	Расход воды по большому радиусу, л/мин	Расход воды по малому радиусу, л/мин
Г03	Перетектическая	274	274	2851	2851
Г04	Среднеуглеродистая	319	319	3326	3326

Форсунки должны стоять перпендикулярно к граням слитка. Факел распыления должен равномерно распределяться по граням и не перекрываться роликами секций или защитными листами, уложенными на роликовые секции. Работа форсунок «подбоя» и первого ряда между кристаллизатором и роликовой секцией должна быть проверена. Факел форсунок «подбоя» должен быть параллелен роликам, и подавать воду строго посередине между роликами и нижним срезом стенок кристаллизатора. Форсунки считаются вышедшими из строя, если нельзя организовать факел (контролируется визуально).

Проверяется исправное состояние форсунок после обнаружения неравномерности температуры поверхности слитка по сторонам.

Во всех зонах и «подбое» применяется водовоздушная смесь (или "подбое") и согласно заданному режим.

4.3 Общие положения по разливке стали на МНЛЗ

Установить мостовым краном сталеразливочный ковш с металлом на резервную позицию поворотного стенда. Убедившись в правильной установке ковша, вывести из зацепления с ковшом грузозахватные крюки. Установить на ковш теплоизолирующую крышку. Подсоединить гидравлический цилиндр к шиберному затвору, установить фиксатор цилиндра на штатное место. Произвести

обтяжку болтов крепления нижней плиты шибера по диагонали.

По готовности промковша и после установки сталеразливочного ковша, выполнить следующие действия:

- 1) отключить и поднять горелки для разогрева промежуточного ковша;
- 2) осмотреть состояние футеровки и полости промежуточного ковша на наличие разрушенных и обвалившихся огнеупорных материалов;
- 3) проверить целостность стопора-моноблока;
- 4) исправность стопорного механизма и механизма быстрой замены погружных стаканов;
- 5) проверить соосность стопора-моноблока и стакана-дозатора, при необходимости скорректировать положение стопора;
- 6) проверить с помощью зеркала состояние головной части стопора-моноблока - на ней не должно быть сколов.

Установить телегу с промежуточным ковшом в рабочую позицию. Порядок установки тележки промежуточных ковшей в рабочую позицию:

- 1) поднять промежуточный ковш из нижнего положения;
- 2) произвести установку ТПК над кристаллизатором;
- 3) при перемещении стопор-моноблок должен быть в закрытом положении.

После центрирования промковша над кристаллизатором осуществить установку защитной трубы с устройством подачи аргона. Перед установкой защитной трубы на устройство проверяется его состояние:

- 1) ролики, вилка, пружина должны быть очищены от брызг металла;
- 2) коллектор должен свободно садиться на вилку, обеспечивая вертикальность трубы после фиксации прижимным устройством;
- 3) металлизированные резиновые шланги должны быть исправны и иметь зажимное устройство;
- 4) защитная труба не должна иметь сколов, трещин, наплывов массы в посадочных гнездах и должна быть установлена вертикально. Вертикальность оценивается визуально;
- 5) марку защитной трубы выбирать в зависимости от марки, разливаемой стали;
- 6) перед подачей на разливку, защитная труба должна быть сухой.

Установить на промковш погружной стакан, произвести центровку погружного стакана. Допускаемые отклонения центра вертикально установленного стакана от центра кристаллизатора в сторону широких граней ± 5 мм, узких ± 10 мм (оценка визуально). Настройка погружного стакана в сторону широких граней кристаллизатора производится регулировочным механизмом тележки промковша настройка в сторону узких граней - передвижением телеги промковша.

Расстояние от верхней кромки медных плит кристаллизатора до верха

выходных отверстий погружного стакана должно быть от 210 до 230 мм (расстояние от верха выходных отверстий погружного стакана до мениска металла должно составлять от 130 до 150 мм). Контролировать визуально. После наезда тележки промковша в позицию разливки подсоединить к ротаметру точки подачи аргона: коллектор - защитная труба, стакан дозатор - погружной стакан и стопор-моноблок (при необходимости). Для защиты узких стенок кристаллизатора от брызг металла - установить по краям кристаллизатора деревянные или металлические «флажки». Установить защитную трубу на стакан-коллектор шиберного затвора. По команде мастера разливки или старшего разливщика открыть шиберный затвор. В случае, если при открытии шиберного затвора металл из сталеразливочного ковша не поступает - поднять сталеразливочный ковш в верхнее положение, отвести защитную трубу в сторону и прожечь кислородом стакан-коллектор стальковша с помощью стальной

трубки внутренним диаметром 10 мм и толщиной стенки от 2,0 до 2,8 мм.

При достижении в промковше от 25 до 30% рабочего уровня металла, соответствующего от 250 до 300 мм - закрыть зеркало металла ассимилирующей шлакообразующей смесью марки ШОС для рядовой углеродистой стали;

Открытие шиберного затвора сталеразливочного ковша считается началом разливки. После наполнения промковша металлом на одну треть высоты (от 300 до 400 мм) разливщик стальковша проверяет работу шиберного затвора на открытие и закрытие, и при удовлетворительной работе отдает команду открыть стопор промежуточного ковша и подать металл в кристаллизатор. Одновременно в кристаллизатор в процессе его заполнения до уровня от 400 до 450 мм .

Для разливки стали готовится шлакообразующая смесь (ШОС) в соответствии с требуемым химическим составом и содержанием влаги не более 0,5%.

Марки шлакообразующих смесей подразделяются по назначению:

Список теплоизолирующей и шлакообразующей смеси, используемой для промковша и кристаллизатора и нормы расхода для разливки представлен в таблице 10.

Для полного прогрева промковша до рабочего режима нагрев промковша после сушки осуществляется на форсированном режиме в течении 2,5-3 часов. Если ковш уже разогрет, а разливка по какой-то причине откладывается, то необходимо снизить интенсивность работы горелок до среднего уровня. При нахождении промковша на разогреве более 8 часов - необходимо заменить стопор. При разогреве промковша более 24 часов промковш на разливку не отдается и меняется на другой [6].

Таблица 10 – список теплоизолирующей и шлакообразующей смеси

№	Марка ШОС	Элементы, масс %									
		C	CaO	SiO	Al ₂ O ₃	MgO	F	MnO	Fe	B ₂ O ₃	Na ₂ O
1	51	5-6	38-45	17-26	8-10	4-6	6-8	<0,7	<1,5	-	3-5
2	50К	9-12	31-36	18-24	8-10	3-6	6-8	<0,7	<1,5	-	3-5

В процессе разливки производят измерения температуры металла в промковше: после отливки 3 метров слитка, после отливки 10 метров и в последующем через каждые 15-20 метров до конца разливки. Температура металла в промковше, поддерживается в зависимости от исходной температуры разливки в промковше, температурно-скоростным режимом разливки, приведенным для групп марок стали в соответствующих главах.

Отбор двух проб на химический анализ производится от 30 до 35 метра разливки. Допускается отбор проб пробоотборниками из промежуточного ковша или литой пробы в медные стаканчики из-под стальной ковша.

Пробы для контроля макроструктуры отрезают от передней (по ходу разливки) части слябов. Длину контрольных слябов предварительно увеличивают на 50 мм.

Оценка макроструктуры производится в соответствии с ГОСТ «Сталь. Метод контроля макроструктуры литой заготовки (слитка), полученной методом непрерывной разливки».

4.4 Разливка стали Ст1сп и Ст3сп

Температура стали в стальковше после обработки на АКОС и промковше должна соответствовать таблице 11.

Таблица 11 – температура стали после обработки

Марка стали	Температура металла в стальковше, оС		Средняя температура металла в промковше	Время выдержки в стопе до отправления на продольную резку из цеха
	на первую плавку в серии,	на вторую и последующие плавки серии,		
Ст1и Ст3	1605 +5	1595 +5	1555 ±5	24 часа

Таблица 12 – температурно-скоростные режимы разливки углеродистых марок стали в зависимости от сечения заготовки[8,9,10]

Группа	Марка стали	Зависимости максимальной скорости, м/мин, от перегрева над температурой ликвидус					
		$\leq 20^{\circ}\text{C}$	21-25 $^{\circ}\text{C}$	26-30 $^{\circ}\text{C}$	31-35 $^{\circ}\text{C}$	36-40 $^{\circ}\text{C}$	Более 40 $^{\circ}\text{C}$
03	Перетектическая	1,40	1,30	1,20	1,10	0,9	0,8
04	Среднеуглеродистая	1,80	1,70	1,60	1,45	1,30	1,10

5. Работа системы мягкого динамического обжатия

Технология мягкого обжатия направлена на подавление пористости в центральной зоне непрерывнолитой заготовки и центральной ликвации, причиной которых является образование «мостов» из столбчатых или равноосных кристаллов в двухфазной зоне в конце кристаллизации. Эти «мосты» затрудняют поступление жидкого металла к расплаву, заключенному между ними, что, в свою очередь, ведет к образованию пор при усадке расплава, лишенного «подпитки». В результате в слябовых заготовках по большой оси в виде ликвационных полос между столбчатыми и равноосными металлами (шнуровая, или Л-образная ликвация). Технологический принцип мягкого обжатия заключается в том, что непрерывнолитой слиток в конце затвердевания проходит через зону мягкого обжатия, настроенную на конус; при этом конец зоны затвердевания (конец жидкой лунки) сдавливается и этим компенсируется усадка при затвердевании. Кроме того, при обжатии слитка образуется более мелкая и однородная структура металла, чем без обжатия.

При этом мягкое обжатие заготовки в каждой паре роликов осуществляют по зависимости $\Delta U_{SR} = k_1 k_2 \Delta U_{SR}$, при относительном содержании жидкой фазы f_L в двухфазной зоне в центре заготовки в пределах $0.25 \leq f_L \leq 0.75$, где $k_1 = 1.5-5.5$, коэффициент, учитывающий поперечное деформирование материала в двухфазной зоне при обжатии и зависящий от относительного содержания жидкой фазы в центральной зоне заготовки, $k_2 = 2.2-4.1$, коэффициент, учитывающий деформирование затвердевшей корочки заготовки и зависящий от отношения размера двухфазной зоны в соответствующей роликовой паре к толщине заготовки, ΔU_{SR} - полная усадка заготовки при затвердевании металла в соответствующей роликовой паре, мм. Изобретение позволяет улучшить качество поверхности и макроструктуру непрерывнолитых заготовок, а также увеличить протяженность зоны мягкого обжатия для более полной компенсации усадки при затвердевании стали и уменьшения осевой рыхлости и ликвации [1]. Кроме того, воздействие на слиток на более протяженном участке в конце затвердевания позволяет увеличить скорость разливки. При этом скорость вытягивания по отношению к разливке без обжатия увеличивается, а обжатие осуществляют парами роликов в тянущеобжимной клетке, при этом определяют температуру поверхности и протяженность жидкой фазы заготовки, а давление в гидроцилиндрах для каждой пары роликов тянущеобжимной клетки устанавливают в зависимости от скорости вытягивания, температуры поверхности заготовки и марки разливаемой стали по соотношению:

$$p_i = (p_0 + \Delta p_i) \cdot k_p, \quad (1)$$

$$\Delta p_i = \left(\alpha_1 - \frac{T_0 - 90}{\alpha_2} \right), \quad (2)$$

для $S_i < S_L$

$\Delta p_i = 0$ для $S_i \geq S_L$

$k_p = (b + 0.5h) / 1200$,

где k_p - безразмерный коэффициент, учитывающий размеры поперечного сечения заготовки;

S_i - расстояние от мениска металла в кристаллизаторе до i -го ролика тянущеобжимной клетки, м;

S_L - протяженность жидкой фазы заготовки, м;

h - толщина заготовки, мм;

b - ширина заготовки, мм;

p_0 - давление, необходимое для транспортировки заготовки без обжатия, атм;

Δp_i - дополнительное давление в гидроцилиндрах каждой пары роликов, необходимое для обжатия жидкой сердцевины заготовки, атм;

p_i - давление в гидроцилиндрах каждой пары роликов, атм;

T_0 - температура поверхности заготовки, °C;

k_i - поправочный коэффициент для каждой пары роликов (1, 2, 3 и т.д.), зависит от схемы работы тянущеобжимной клетки;

α_1, α_2 - коэффициенты, зависящие от марки стали ($\alpha_1 = 50 \dots 150$, $\alpha_2 = 4 \dots 10$), при этом протяженность жидкой фазы заготовки определяют из соотношения:

$$S_L = K_L \left(\frac{v}{v_0} \right)^{n_L} \quad (3)$$

где K_L - протяженность жидкой фазы заготовки для определенной марки стали при условии $v = v_0$;

v - скорость вытягивания заготовки, м/мин;

v_0 - скорость вытягивания заготовки, при которой жидкая фаза не входит в тянущую клетку, м/мин;

n_L - расчетный коэффициент ($n_L = 1.0 \dots 1.3$ зависит от режима вторичного охлаждения).

Однако указанный способ недостаточно обеспечивает поставленную задачу в части уменьшения осевой рыхлости и осевой ликвации, что приводит к снижению качества заготовки. Обжатие заготовки производится только в тянущей клетке на 4 парах роликов, в результате чего относительно короткая протяженность зоны "мягкого обжатия" не позволяет эффективно обрабатывать заготовки из средне- и высокоуглеродистых сталей. Кроме того, указанный способ ориентирован на конкретную МНЛЗ и узкий скоростной диапазон разливки, что существенно ограничивает область его применения.

Сущностью предлагаемого способа организации системы "мягкого обжатия" при непрерывной разливке слябовых заготовок является обеспечение режима нелинейного распределения обжатий оптимальной протяженности вдоль

технологической оси МНЛЗ[11]. Такая схема будет обладать универсальностью относительно скорости разливки и марочного состава стали. Основные положения данной концепции обжатия:

1) "мягкое обжатие" заготовки производится в эффективном интервале "мягкого обжатия" (или, просто, в эффективном интервале), когда относительное количество жидкой фазы f_L в двухфазной зоне затвердевающего слитка находится в пределах $0.25 \leq f \leq 0.75$, в том числе и на оси слитка,

2) конкретные обжатия в паре роликов должны определяться из условия компенсации усадки металла в эффективном интервале "мягкого обжатия".

Деформирование неполностью затвердевших слябовых заготовок в процессе мягкого обжатия приводит к снижению осевой пористости слябов, улучшению макроструктуры и позволяет уменьшить влияние макросегрегации, что особенно важно для сталей, чувствительных к качеству осевой зоны. Принцип этой технологии базируется на уплотнении слитка в процессе окончательного затвердевания на величину, эквивалентную усадке металла при переходе из жидкой в твердую фазу. Необходимо отметить, что процесс образования пор в центральной зоне слитка и осевая ликвация - это связанные процессы, причем главенствующую роль играет процесс образования пор. В образовавшиеся поры всасывается обогащенный ликвирующими элементами расплав, который при последующей кристаллизации создает область осевой ликвации. Таким образом, "мягкое обжатие", направленное в первую очередь на уменьшение пористости в центре слитка, способствует уменьшению осевой ликвации. Для того чтобы получить значительный эффект от мягкого обжатия, необходимо контролировать положение конца жидкой лунки в зоне обжатия. Положение зоны мягкого обжатия определяется такими параметрами процесса как толщина сляба, скорость разливки, а также химическим составом металла. По экспериментальным данным наиболее рационально начинать обжатие в области, где доля жидкой фазы в гетерогенном расплаве двухфазной зоны уменьшается и составляет около 70...75% и в результате образуется кристаллический каркас, заполненный жидким расплавом. Эксперименты показывают, что мягкое обжатие должно заканчиваться в области между долей жидкой фазы 25...30% и полным затвердеванием, так как в этой области жесткость кристаллического каркаса двухфазной зоны сравнима с жесткостью литого металла и эффективное обжатие становится невозможным.

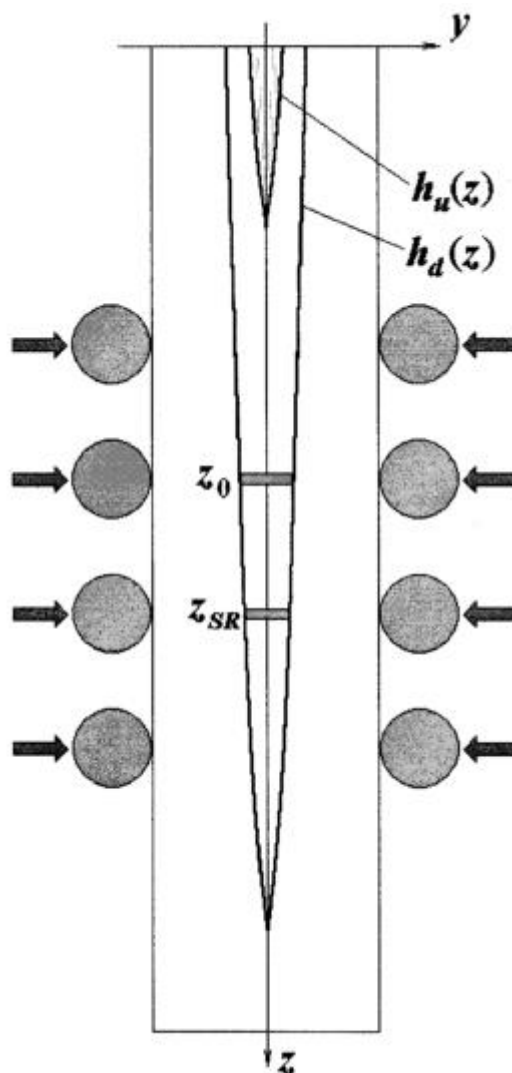


Рисунок — 6 принципиальная схема «мягкого обжатия»

На рисунке 6 показана принципиальная схема "мягкого обжатия" (количество обжимных роликов на схеме условно) и продольное сечение заготовки с положением границ эффективного интервала мягкого обжатия: h_u для $f_L=0.75$ и h_d для $f_L=0.25$. Обжатие заготовки происходит в парах роликов, движение слитка при его вытягивании из кристаллизатора производится вдоль оси z , координата y отсчитывается от центра по толщине заготовки. Рассмотрим ситуацию, когда необходимо определить обжатие заготовки в паре роликов с координатой z_{SR} , если последнее обжатие произошло в паре роликов с координатой z_0 . Для компенсации усадки при затвердевании жидкой стали на участке от z_0 до z_{SR} необходимо в точке с координатой z_{SR} "обжать" двухфазную зону в центре слитка на величину Δv_{SR}

$$\Delta v_{SR} = 2 \int_0^{h_d(z_{SR})} \epsilon_a [f_L(z_0, y) - f_L(z_{SR}, y)] dy \quad (4)$$

где ϵ_{cr} - коэффициент относительной объемной усадки при кристаллизации. Реальное обжатие заготовки ΔU_{SR} определим по зависимости (2)

$\Delta U_{SR} = k_1 k_2 \Delta v_{SR}$, при относительном содержании жидкой фазы f_L в двухфазной зоне в центре заготовки в пределах $0.25 \leq f_L \leq 0.75$,

где $k_1 = 1.5-5.5$ - коэффициент, учитывающий поперечное деформирование материала в двухфазной зоне при обжати и зависящий от относительного содержания жидкой фазы в центральной зоне заготовки,

$k_2 = 2.2-4.1$ - коэффициент, учитывающий деформирование затвердевшей корочки заготовки и зависящий от отношения размера двухфазной зоны в соответствующей роликовой паре к толщине заготовки,

Δv_{SR} - полная усадка заготовки при затвердевании металла в соответствующей роликовой паре, мм.

Первый коэффициент определяется на основе рассмотрения процесса деформирования материала двухфазной зоны как пористой среды, где за относительный объем пор отвечает параметр f_L . Для получения необходимого изменения объема в двухфазной зоне из-за возможности течения материала в поперечных направлениях необходимо обеспечить значительно большие обжатия, чем дает формула (1). Учитывая распределение f_L по поперечному сечению слитка и усредняя по эффективному интервалу, для слябов толщиной 150...250 мм расчетным путем получена следующая линейная аппроксимация для вычисления коэффициента k_1 при $0.25 \leq f_L \leq 0.75$

$$k_1 = 7.6 - 8.1 f_L^C \quad (5)$$

где - f_L^C относительное количество жидкой фазы на оси слитка. Таким образом, в эффективном интервале коэффициент k_1 находится в пределах 1.5...5.5.

При обжати неполностью затвердевшей заготовки в паре роликов из-за локализации деформации непосредственно под роликами и деформировании корки заготовки обжатие твердожидкой сердцевины происходит в значительно меньшей степени, чем самой заготовки. Анализ расчетных данных по деформированию непрерывнолитых слябов толщиной 150...250 мм в паре роликов позволил конкретизировать выражения для коэффициента, учитывающего деформирование затвердевшей корочки слитка. Соотношение между обжатием слитка и обжатием непосредственно двухфазной зоны в пределах эффективного интервала описывается формулой

$$k_2 = 4.2 - 4.9 \frac{h_d}{h} \quad (6)$$

где h - половина толщины слитка, h_d - полутолщина эффективного интервала мягкого обжатия в поперечном сечении слитка. Анализируя отношение h_d/h в пределах эффективного интервала "мягкого обжатия", получаем, что коэффициент k_2 должен находиться в пределах 2.2...4.1 [1].

Таблица 13— толщина 170 мм. Таблица зазоров для мягкого обжатия в 2 роликовых сегментах[9]

Профиль А мягкого обжатия, мм, мягкое обжатие в 2 роликовых сегментах												
ТАБЛИЦА	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Конусность линии
Опорный ролик	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4
Сег.00	Вход	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4
	Выход	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4
Сег.01	Вход	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3
	Выход	179,2	179,2	180,8	181,0	181,1	181,4	181,6	181,7	181,8	181,9	181,9
Сег.02	Вход	178,7	178,7	180,5	180,8	180,8	181,2	181,4	181,6	181,7	181,8	181,8
	Выход	175,7	175,7	177,7	179,4	179,6	180,3	180,7	181,0	181,2	181,4	181,4
Сег.03	Вход	175,5	175,5	177,2	179,2	179,4	180,1	180,5	180,9	181,1	181,3	181,3
	Выход	174,4	174,4	174,4	176,4	178,1	179,2	179,8	180,3	180,6	180,9	180,9
Сег.04	Вход	174,2	174,2	174,2	175,9	177,9	179,0	179,7	180,2	180,5	180,8	180,8
	Выход	173,1	173,1	173,1	173,1	175,1	178,1	178,9	179,6	180,0	180,3	180,3
Сег.05	Вход	172,9	172,9	172,9	172,9	174,6	177,9	178,8	179,5	179,9	180,3	180,3
	Выход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	175,1	178,1	178,9	179,4	179,8	179,8
Сег.06	Вход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	174,6	177,9	178,8	179,3	179,7	179,7
	Выход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	175,1	178,0	178,7	179,2	179,2
Сег.07	Вход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	174,6	177,9	178,6	179,1	179,1
	Выход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	175,1	178,0	178,6	178,6
Сег.08	Вход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	174,6	177,9	178,5	178,5
	Выход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	175,1	178,0	178,0
Сег.09	Вход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	174,6	177,9	177,9
	Выход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	175,1	175,1
Сег.10	Вход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	174,6	174,6
	Выход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	177,9
Сег.11	Вход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	177,9
	Выход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	177,9

Таблица 14— толщина 170 мм. Таблица зазоров для мягкого обжатия в 3 роликовых сегментах[9]

Профиль В мягкого обжатия, мм, мягкое обжатие в 3 роликовых сегментах												
ТАБЛИЦА	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Конусность линии
Опорный ролик	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4
Сег.00	Вход	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4
	Выход	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4
Сег.01	Вход	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3
	Выход	179,2	179,2	179,2	179,7	180,4	181,1	181,4	181,6	181,7	181,8	181,8
Сег.02	Вход	178,7	178,7	178,7	179,2	180,1	180,8	181,2	181,4	181,6	181,7	181,7
	Выход	175,7	175,7	176,5	177,3	178,2	179,6	180,3	180,7	181,0	181,2	181,2
Сег.03	Вход	175,5	175,5	176,3	177,1	177,9	179,4	180,1	180,5	180,9	181,1	181,1
	Выход	174,4	174,4	174,4	175,2	176,0	178,1	179,2	179,8	180,3	180,6	180,6
Сег.04	Вход	174,2	174,2	174,2	175,0	175,8	177,9	179,0	179,7	180,2	180,5	180,5
	Выход	173,1	173,1	173,1	173,1	173,9	176,0	178,1	178,9	179,6	180,0	180,0
Сег.05	Вход	172,9	172,9	172,9	172,9	173,7	175,8	177,9	178,8	179,5	179,9	179,9
	Выход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	173,9	176,0	178,1	178,9	179,4	179,4
Сег.06	Вход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	173,7	175,8	177,9	178,8	179,3	179,3
	Выход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	173,9	176,0	178,0	178,7	178,7
Сег.07	Вход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	173,7	175,8	177,9	178,6	178,6
	Выход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	173,9	176,0	178,0	178,0
Сег.08	Вход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	173,7	175,8	177,9	177,9
	Выход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	173,9	176,0	176,0
Сег.09	Вход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	173,7	175,8	175,8
	Выход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	173,9	173,9
Сег.10	Вход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	173,7	173,7
	Выход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	177,9
Сег.11	Вход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	177,9
	Выход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	177,9

Таблица 15— Толщина 170 мм. Таблица зазоров для мягкого обжатия в 4 роликовых сегментах[9]

Профиль С мягкого обжатия, мм, мягкое обжатие в 4 роликовых сегментах												
ТАБЛИЦА	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Конусность линии
Опорный ролик	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4
Сер.00	Вход	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4
	Выход	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4
Сер.01	Вход	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3
	Выход	179,2	179,2	179,2	179,2	179,2	180,5	181,1	181,4	181,6	181,7	181,7
Сер.02	Вход	178,7	178,7	178,7	178,7	178,7	180,2	180,9	181,3	181,5	181,6	181,6
	Выход	175,7	175,7	176,0	176,3	176,6	178,4	179,7	180,4	180,8	181,1	181,1
Сер.03	Вход	175,5	175,5	175,9	176,2	176,5	178,1	179,5	180,2	180,6	181,0	181,0
	Выход	174,4	174,4	174,4	174,7	175,0	176,6	178,3	179,3	179,9	180,4	180,4
Сер.04	Вход	174,2	174,2	174,2	174,6	174,9	176,5	178,1	179,2	179,8	180,3	180,3
	Выход	173,1	173,1	173,1	173,1	173,4	175,0	176,6	178,3	179,1	179,7	179,7
Сер.05	Вход	172,9	172,9	172,9	172,9	173,3	174,9	176,5	178,1	179,0	179,6	179,6
	Выход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	173,4	175,0	176,6	178,2	179,0	179,0
Сер.06	Вход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	173,3	174,9	176,5	178,1	178,9	178,9
	Выход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	173,4	175,0	176,6	178,2	178,2
Сер.07	Вход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	173,3	174,9	176,5	178,1	178,1
	Выход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	173,4	175,0	176,6	178,1
Сер.08	Вход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	173,3	174,9	176,5	178,1
	Выход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	173,4	175,0	178,1
Сер.09	Вход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	173,3	174,9	178,1
	Выход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	173,4	178,1
Сер.10	Вход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	173,3	178,1
	Выход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	178,1
Сер.11	Вход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	178,1
	Выход	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	178,1

Описанная система служит объяснением работы системы мягкого динамического обжатия, в моем случае уже известны растворы роликовых сегментов, технология была получена вместе с установкой МНЛЗ, которую осуществляли иностранные специалисты.

Обжатие в 2 роликовых сегментах очень жёсткое. В 3 роликовых и 4 роликовых сегментах более плавное и равномерное[9].

Так же участвовал в производстве проверки правильности работы математической модели «LPC» на МНЛЗ-2 ЭСПО ККЦ в соответствии с рабочим планом РП-4-2018 от 18.01.2018.

05.02., 18.02. и 12.09.2018 на МНЛЗ-2 ЭСПО ККЦ по рабочему плану РП-4-2018 было разлито 3 плавки марки СтЗсп (группа Г04) с целью проверки достоверности расчетных параметров, выдаваемых системой контроля фазы жидкого металла «LPC» и фактического расположения лунки жидкого металла в слябе, определяемой по давлению на гидроцилиндрах соответствующего сегмента при его открытии (использование эффекта «раздутия» слябов).

Порядок проведения работы заключался в следующем:

На МНЛЗ-2 была произведена разливка плавки стали марки стЗсп (группа Г04) по действующей технологии со следующими изменениями и дополнениями:

А). Температура отдачи металла с АКП на МНЛЗ-2 составляла 1575-1580 °С.

Б). Температура металла в промежуточном ковше была 1535-1545 °С.

В). Для создания эффекта «искусственного раздутия» слябов во время разливки раскрытие сегмента было увеличено на 4 мм.

Г). Скорость в начале разливки плавки составляла не менее 0,8 м/мин.

После разливки 3-4 метров сляба плавно производилось увеличение скорости разливки до момента начала увеличения давления в цилиндрах открытого сегмента, но не выше 1,6 м/мин. После этого скорость разливки была снижена на 0,2 м/мин, а сегмент возвращен в исходное положение (растворы между верхними и нижними роликами согласно таблиц мягкого обжатия из ТИ).

Д). Во время проведения эксперимента система мягкого обжатия работала в ручном режиме, после его окончания режим работы был изменен, на режим, зависящий от скорости разливки.

1) 05.02.2018 г. была произведена разливка плавки №144274 сечением (170×1550) мм. Начало разливки 14⁴⁷. В 14³² температура металла в промковше составила 1545 °С. В 14³⁴ скорость разливки была уменьшена с 1,2 м/мин до 0,9 м/мин. В 14⁴³ система «LPC» перевела мягкое обжатие на 4 таблицу (обжатие сляба происходит в 3 и 4 сегментах). В 14⁵³ был открыт 5 сегмент на 4 мм. Давление на гидроцилиндры на входе в 5 сегмент при этом уменьшилось с 208 бар до 49 бар. В 14⁵⁸ увеличили скорость разливки до 1,0 м/мин, затем до 1,1

м/мин. В 15⁰⁶ давление на гидроцилиндры входа 5 сегмента начало увеличиваться с 49 бар до 103-105 бар (см. рисунок 7). Увеличение давления на гидроцилиндрах свидетельствует о том, что лунка жидкого металла внутри сляба достигла начала открытого 5 сегмента и произошло раздутие сляба. Согласно литературным данным доля жидкой фазы внутри заготовки составляет в это время около 20%. Начало входа в 5 сегмент соответствует расстоянию 10228,5 мм от верха кристаллизатора. Расчетные данные системы «LPC» в «Модели жидкой фазы» следующие: длина жидкой фазы составляет 5422 мм, длина промежуточной фазы – 11334 мм, полностью затвердевший металл начинается с 11778 мм. Из технической документации «Danieli» непонятно, каким образом разделяется промежуточная фаза, где находится первый и второй порог проницаемости (80% и 20% жидкой фазы соответственно). Предположим следующее. Выделим область между 100% твердой и 100% жидкой фазой: $11778 - 5422 = 6356$ мм. В этой области найдем участок с 20% жидкой фазы: $6356 \times 0,8 = 5084,8$ мм. Длина участка с 20% жидкой фазы от верха кристаллизатора составит: $5084,8 + 5422 = 10506,8$ мм. Разница между расчетной длиной и фактической длиной (вход в 5 сегмент) составит: $10506,8 - 10228,5 = 278,3$ мм. Таким образом, расчетная длина участка, где находится 20% жидкой фазы, превышает фактическую на 278,5 мм.

2) 18.02.2018 г. разливалась плавка №316952 сечением (170×1320) мм. Начало разливки 11⁵⁴. В 12²¹ температура металла в промковше составила 1539 °С. Скорость разливки составляла 1,2 м/мин. Мягкое обжатие слябов происходило по 6 таблице (обжатие происходит в 5 и 6 сегментах). В 12²⁶ был открыт 7 сегмент на 4 мм. При этом давление на гидроцилиндры на входе в 7 сегмент уменьшилось с 200 бар до 41-54 бар. Скорость разливки увеличили до 1,4 м/мин. В 12⁴¹ давление на гидроцилиндры входа 7 сегмента начало увеличиваться с 41,6 бар (правый гидроцилиндр) и 54,3 бар (левый гидроцилиндр) до 121,3 бар и 111,8 бар (правый и левый гидроцилиндры соответственно) (см. рисунок 9). Увеличение давления на гидроцилиндрах свидетельствует о том, что лунка жидкого металла внутри сляба достигла начала открытого 7 сегмента и произошло раздутие сляба. Начало входа в 7 сегмент от верха кристаллизатора соответствует расстоянию 14400,5 мм. Расчетные данные системы «LPC» следующие: длина жидкой фазы составляет 7000 мм, длина промежуточной фазы – 15000 мм, полностью затвердевший металл начинается с 15615 мм (см. рисунок 10). По аналогии с предыдущим расчетом область между 100% твердой и 100% жидкой фазой: $15615 - 7000 = 8615$ мм. В этой области найдем участок с 20% жидкой фазы: $8615 \times 0,8 = 6892$ мм. Длина участка с 20% жидкой фазы от верха кристаллизатора составит: $6892 + 7000 = 13892$ мм. Разница между расчетной длиной и фактической длиной (вход в 7 сегмент) составит: $13892 - 14400,5 = -508,5$ мм. Таким образом, расчетная длина участка, где находится 20% жидкой фазы, меньше фактической на 508,5

мм.

3) 12.09.2018 г. разливалась плавка №316952 сечением (170×1550) мм. Начало разливки 18⁵⁸. Определить отклонение расчетной длины лунки жидкого металла от фактической не удалось по следующим причинам:

А) По входу и выходу 5 сегмента видно, что до 19³² разливка шла по 4 таблице мягкого обжатия ТИ ЭС6-09-2018, вход в 5 сегмент составлял 172,9 мм; выход – 171,8 мм;

Б) В 19³² открыли 5 сегмент на 4 мм, вход составил 176,9 мм, выход – 175,8 мм. Из графиков видно, что в это время давление на гидроцилиндры на входе и выходе снизилось, т.е. обжатие заготовки не происходило.

В) При дальнейшем увеличении скорости в 19³⁹ обжатие перешло на 5 таблицу, что видно по 4 и 5 сегментам (см. рисунок 11-14), следовательно, изменились вход и выход. Вход 5 сегмента составил 174,6 мм, а выход – 171,8 мм. Давление на гидроцилиндры на входе и выходе в это время возросло, что говорит об обжатии заготовки.

Выводы:

1. В соответствии с рабочим планом РП-4-2018 разлиты 3 плавки стали марки ст3сп с целью проверки длины лунки жидкого металла, рассчитываемой системой «LPC» и ее фактическим расположением.

2. В результате проведенных исследований получены противоречивые данные.

На одной плавке, разлитой 05.02.2018 г., расчетная длина участка с 20% жидкой фазы превышает фактическую на 278,5 мм. На другой плавке, разлитой 18.02.2018 г., расчетная длина участка с 20% жидкой фазы меньше фактической на 508,5 мм. На третьей плавке получить расчетные данные не удалось.

Рекомендации:

1. Продолжить работу по определению фактической глубины жидкой лунки при разливке стали на МНЛЗ-2.

2. Провести изучение влияния «мягкого обжатия» при разных режимах работы на качество поперечной и продольной макроструктуры. Работу проводить после ремонта сегментов, участвующих в мягком обжатии.

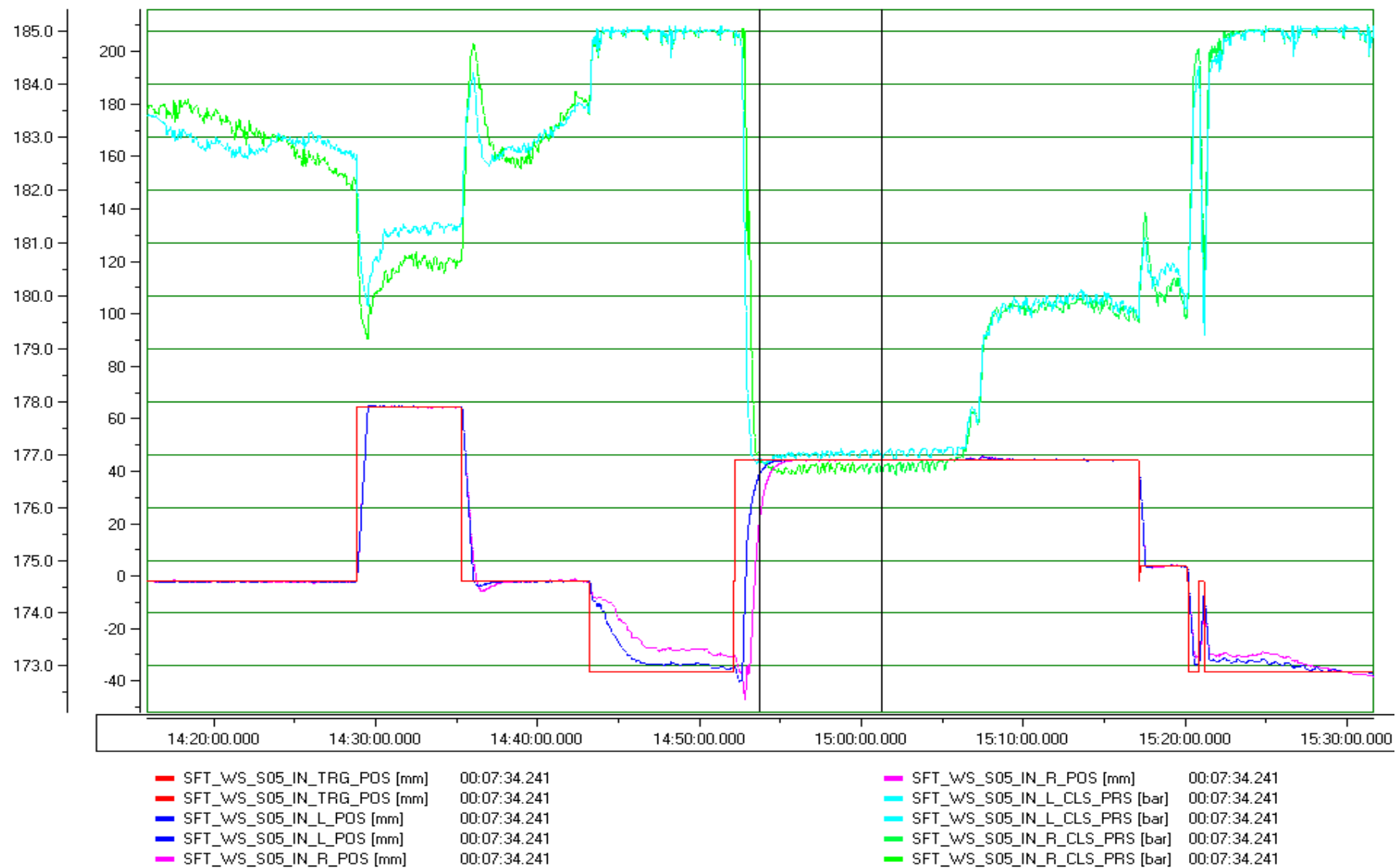


Рисунок 7— 5-й сегмент, вход на плавке №144274

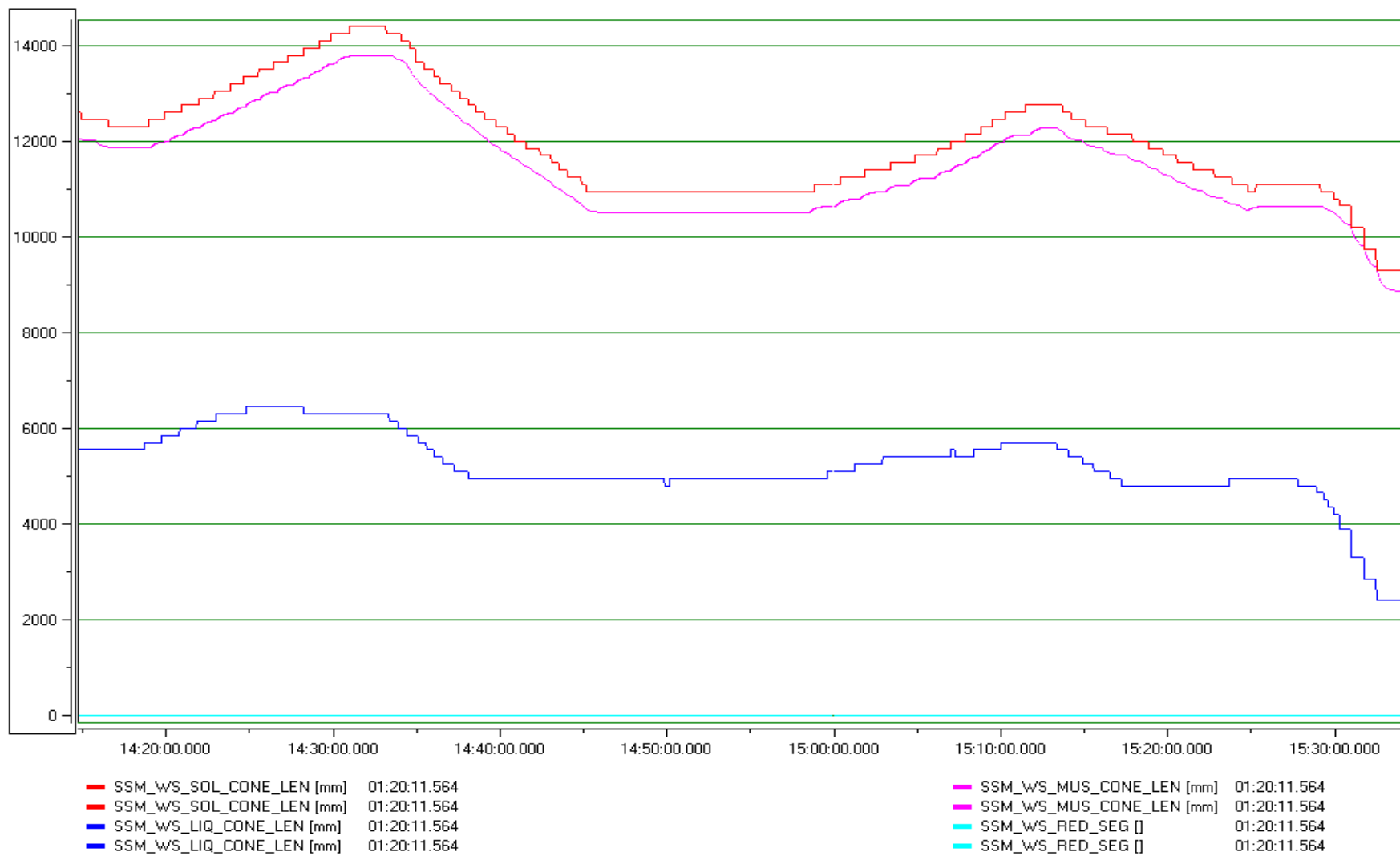


Рисунок 8— Данные системы «LPC» на плавке №144274

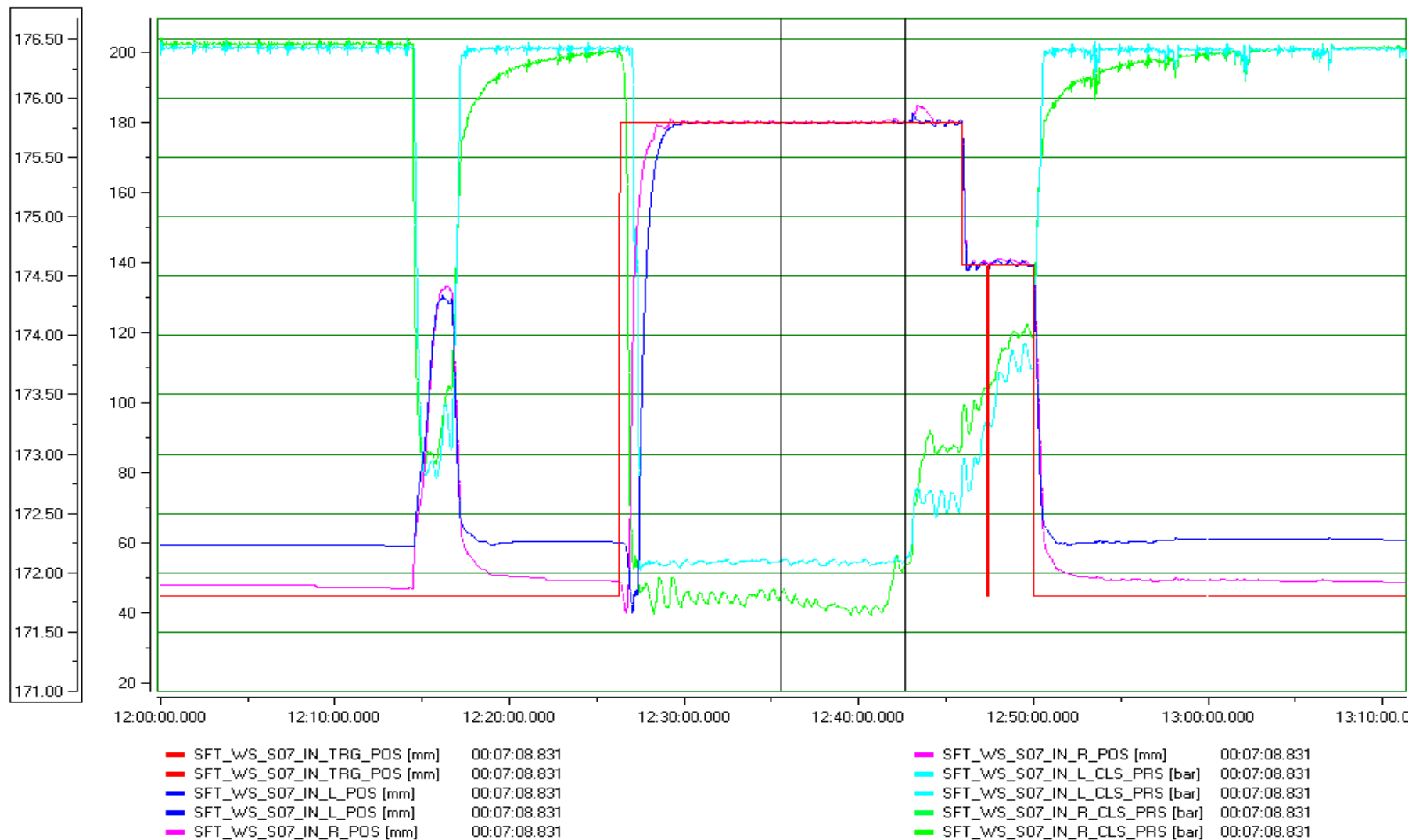


Рисунок 9— 7-й сегмент, вход на плавке №316952

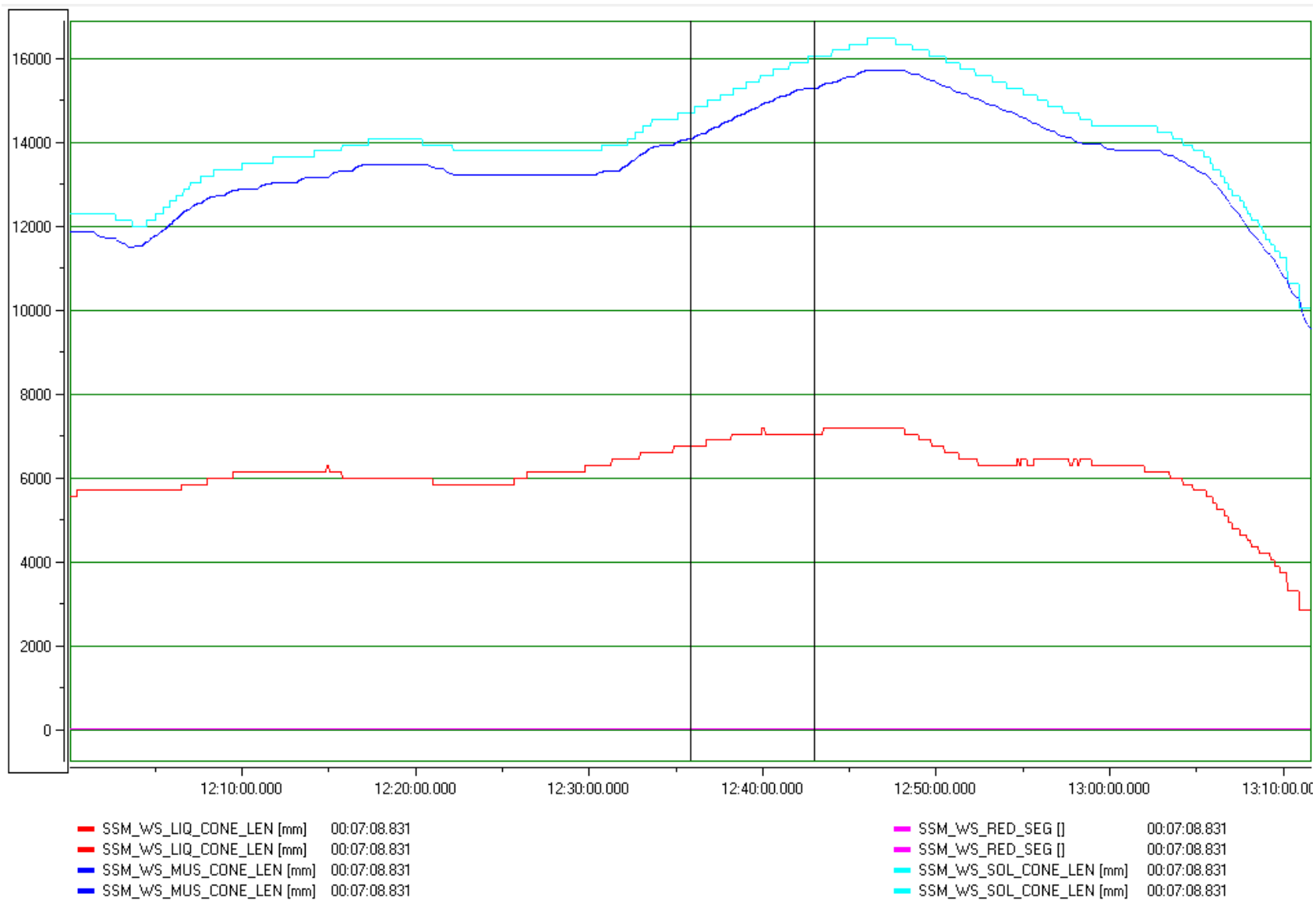


Рисунок 10— Данные системы «LPC» на плавке №316952

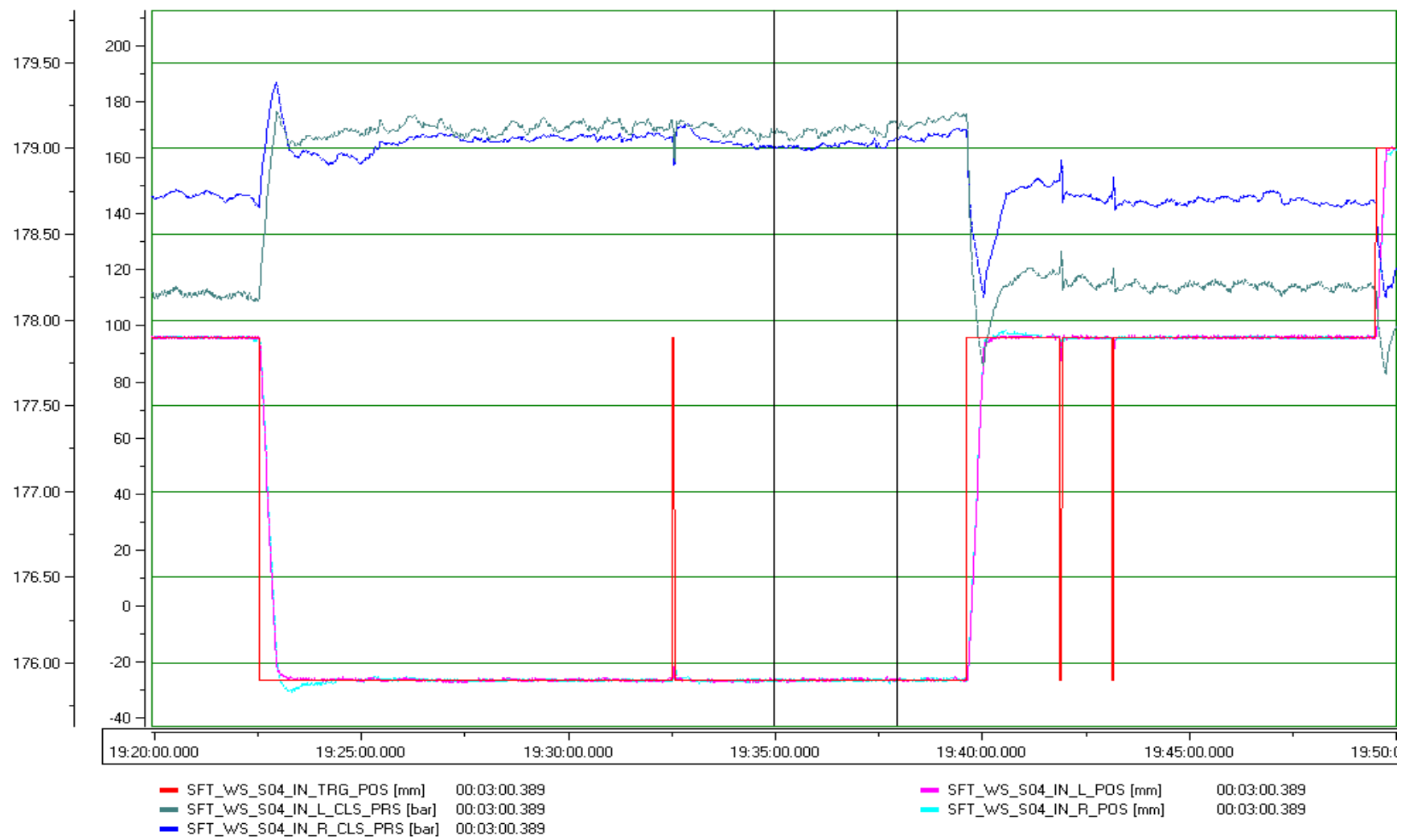


Рисунок 11 — 4-й сегмент, вход на плавке №194456

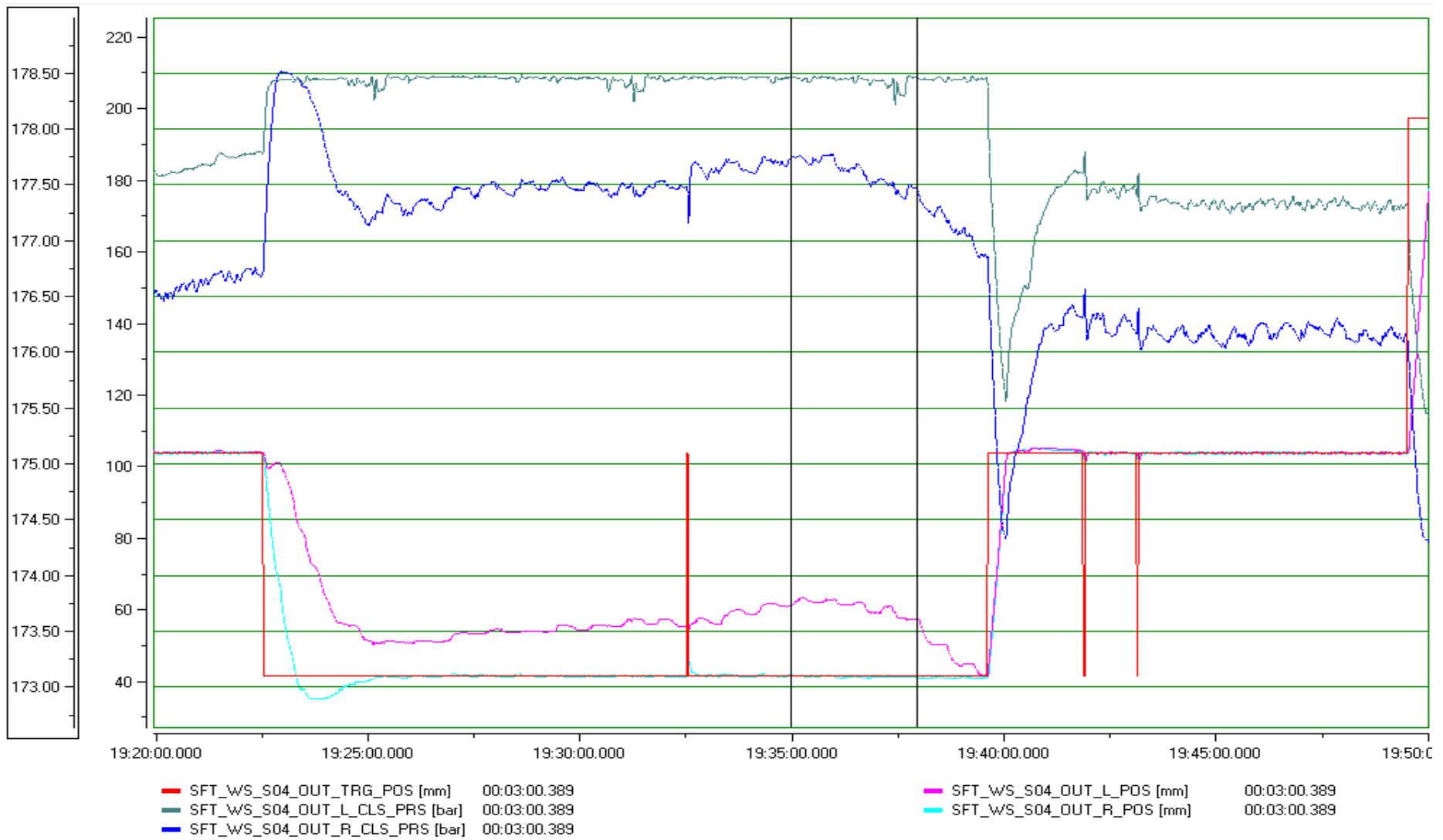


Рисунок 12— 4-й сегмент, выход на плавке №194456

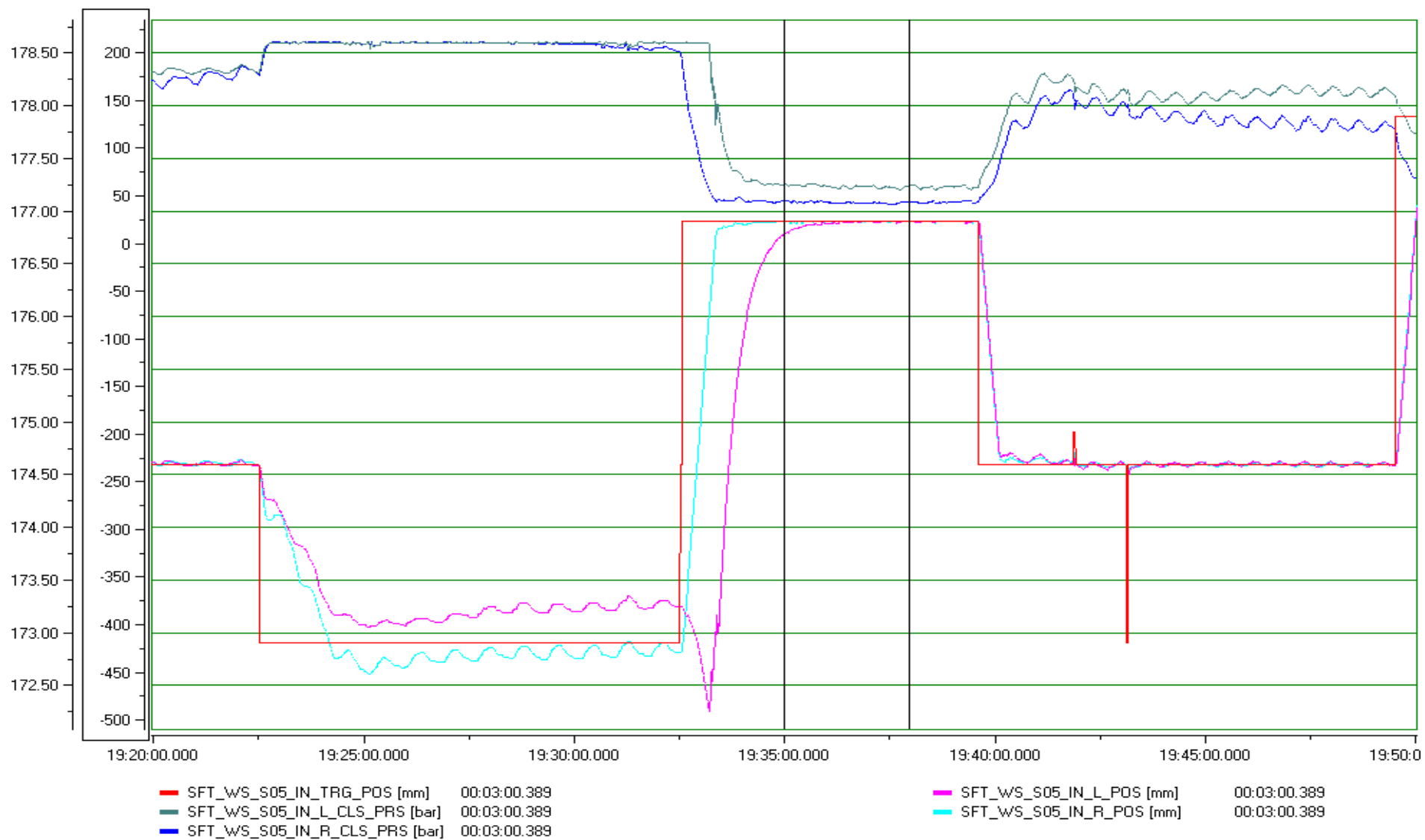


Рисунок 13— 5-й сегмент, вход на плавке №194456

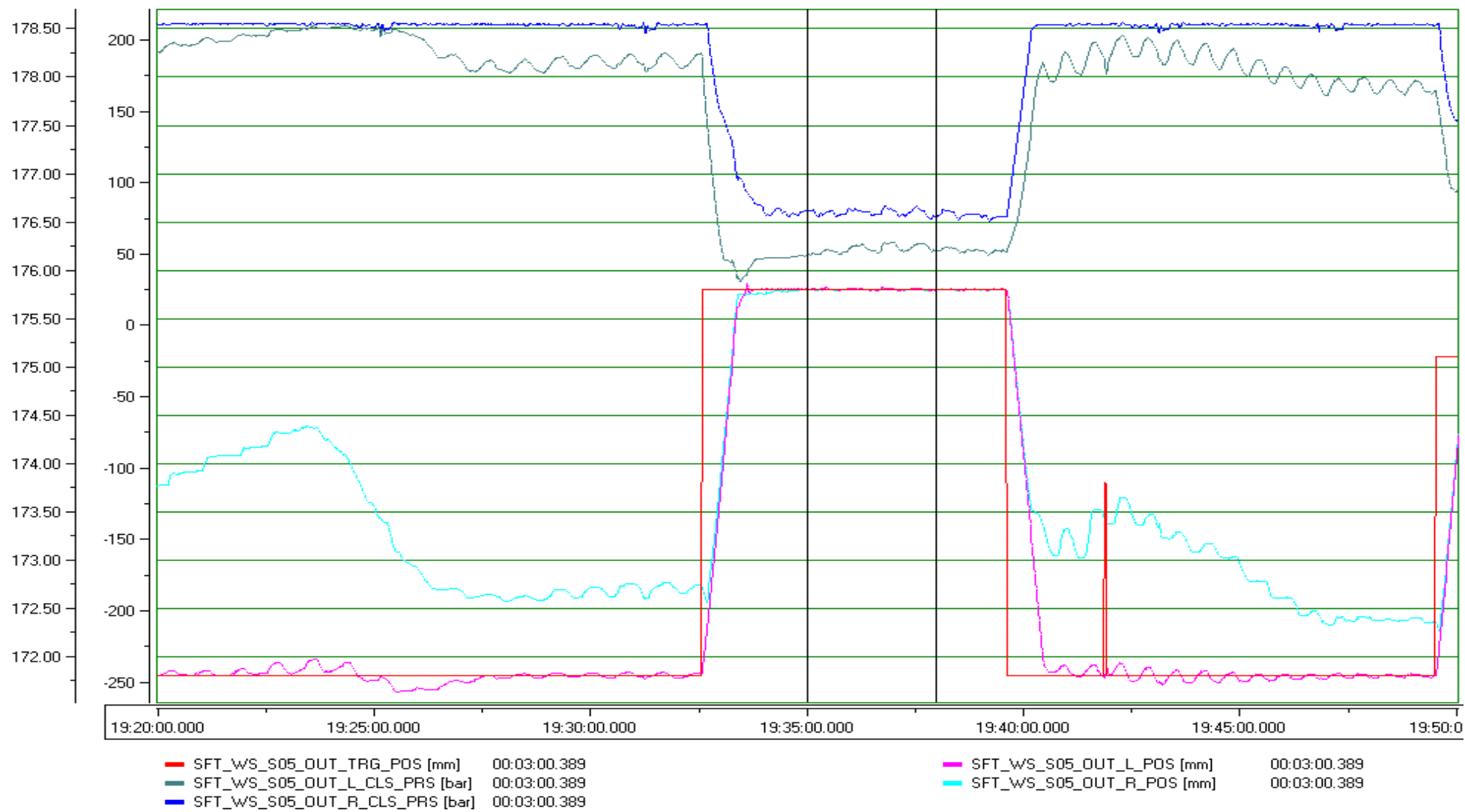


Рисунок 14— 5-й сегмент, выход на плавке №194456

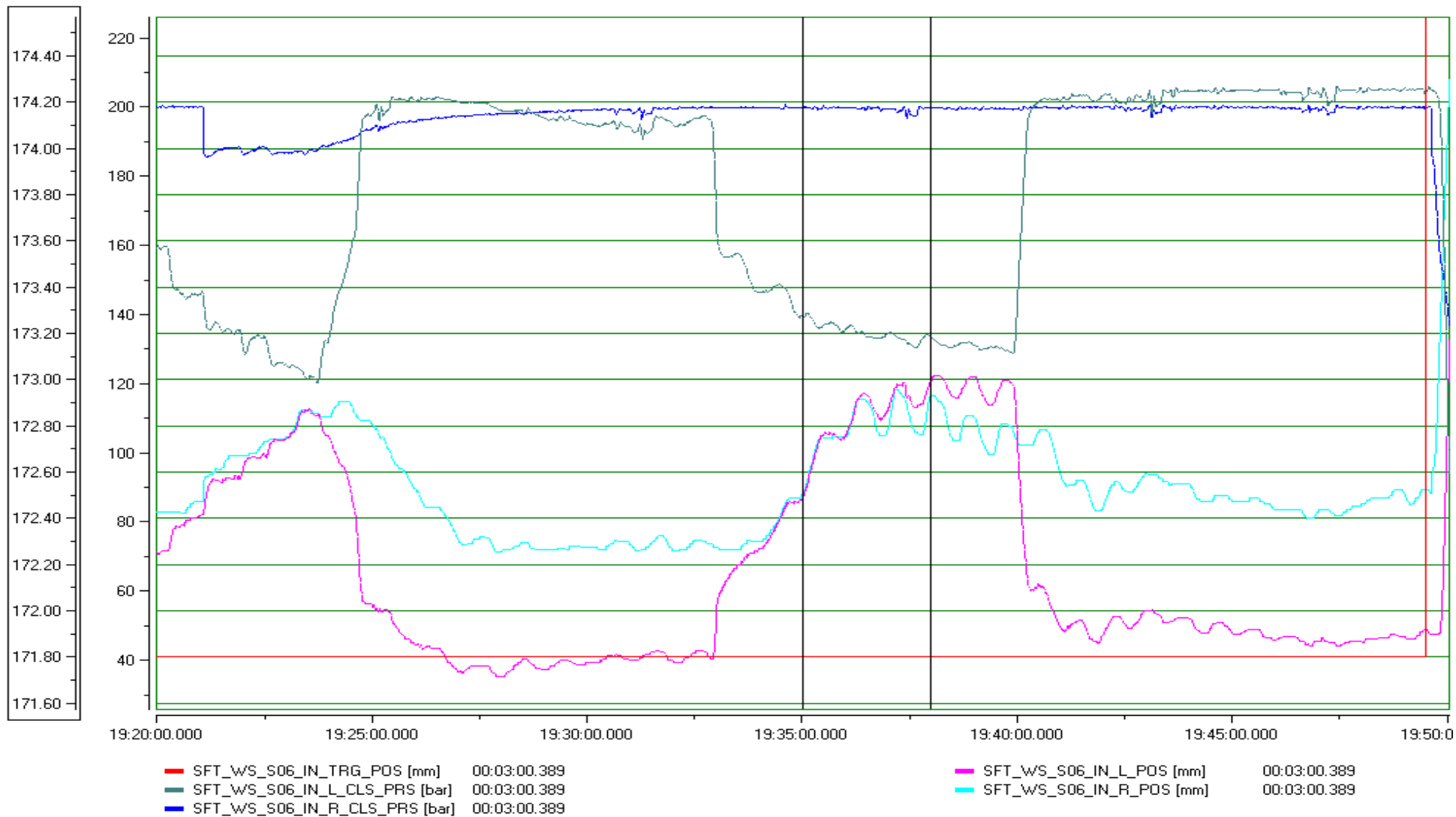


Рисунок 15— 6-й сегмент, вход на плавке №194456

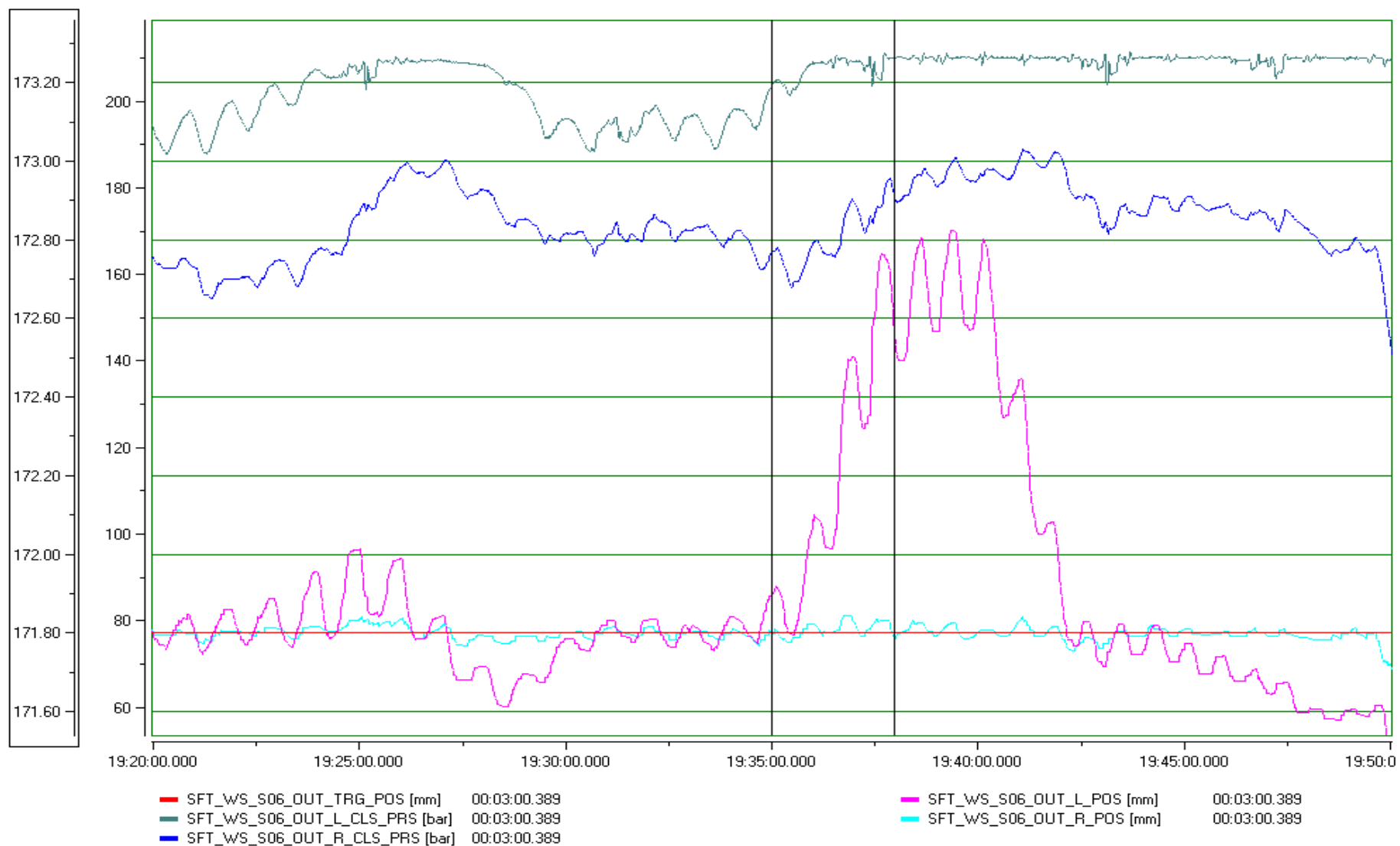


Рисунок 16— 6-й сегмент, выход на плавке №194456

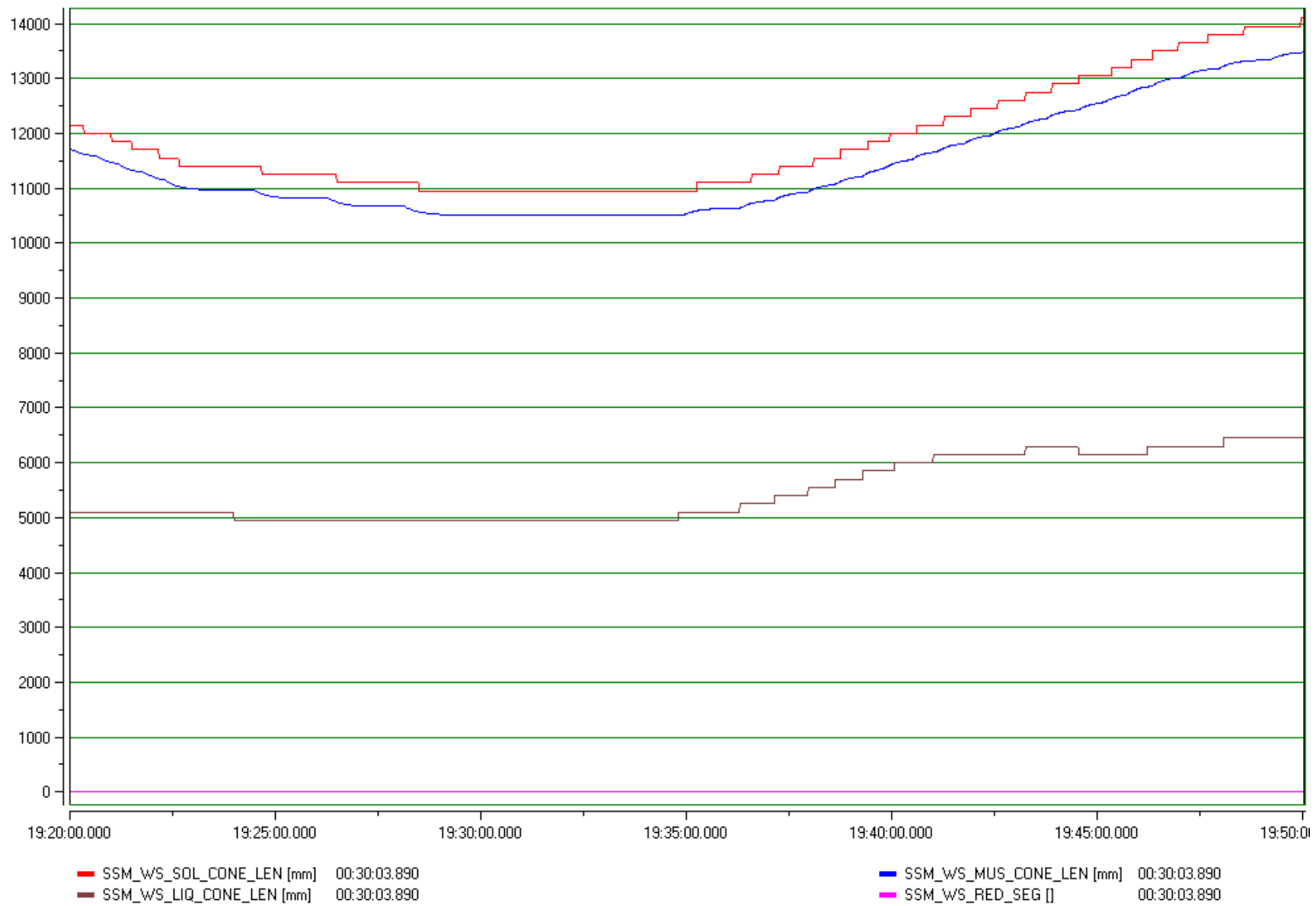


Рисунок 17— Данные системы «LPC» на плавке №194456

На протяжении 5 месяцев при разливке на МНЛЗ № 2 производился контроль за разливаемыми плавками рядовых марок стали Ст1сп и Ст3сп, моя работа заключалась в отслеживании, в период подготовки МНЛЗ к разливке, состояния роликового аппарата сегментов, выявлении дефектовки, в следствии отсутствия длительное время ремонта сегментов. Производился анализ полученных данных в переподготовку, делалась корректировка по обжатию во время разливки на МНЛЗ.

6. Виды брака

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

Продольные поверхностные трещины (рисунок 7) – нарушения сплошности в виде разрывов металла. Образование трещин в непрерывнолитом слитке связано с внутренними напряжениями, возникающими в процессе его формирования, и обусловлено пониженной прочностью и пластичностью в различных температурных интервалах.



Рисунок 18 – продольные поверхностные трещины

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

Поперечные поверхностные трещины (пояс) располагаются в поперечном направлении, то есть, перпендикулярно направлению разливки металла (рисунок 19). Поперечные трещины могут располагаться посередине граней, а также в углах заготовки.

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

Пояса, как правило, образуются из-за перерыва в подаче металла в кристаллизатор, либо при чрезмерно резком понижении скорости разливки.



Рисунок 19 – поперечные поверхностные трещины (пояс)

Основными причинами возникновения поперечных трещин являются избыточная конусность или деформация рабочей поверхности кристаллизатора. Также образование пояса может быть следствием недостаточного количества смазки или ШОС в кристаллизаторе, отклонения в центровке кристаллизатора относительно технологической оси ручья, отклонения при возвратно-поступательном движении кристаллизатора от рабочей траектории. Все перечисленные факторы приводят к увеличению сил трения между слитком и рабочей поверхностью кристаллизатора. Устранение дефекта достигается при помощи настройки кристаллизатора и режима качения

Внутренние трещины (рисунок 20). Причиной образования внутренних трещин являются растягивающие напряжения на границе твердой и жидкой фаз. Почти все внутренние напряжения образуются в интервале температур горячей хрупкости, находящимся ниже линии ликвидус. К внутренним трещинам наиболее

чувствительны легированные стали с увеличением в них концентрации, главным образом, хрома, а также при повышенном содержании серы и фосфора.

Главным критерием, определяющим появление трещин, является отношение скоростей нарастания прочности и напряжений при формировании и охлаждении слитка.

Физическая неоднородность непрерывнолитых слитков является следствием

усадочных процессов и сопровождается химической неоднородностью. Проявляется она в виде пористости и несплошности в металле, образующихся при затвердевании стали в условиях недостаточной подпитки металла, а также в виде нарушений сплошности (трещин, пор и надрывов) — результата реализации внутренних напряжений.



Рисунок 20 – внутренняя трещина

Осевая пористость слитков может проявляться либо в виде рассеянной пористости (отдельные усадочные пустоты), расположенной вдоль оси заготовки, либо в виде сосредоточенной пустоты (рисунок 20).

Установлено, что между видом пористости и кристаллической структурой заготовки существует зависимость. Сосредоточенная пористость обычно обнаруживается при развитой столбчатой структуре и концентрируется вдоль вертикальной оси в виде прерывистых пустот.

Рассеянная пористость получает развитие при равноосных кристаллах ограниченной зоне столбчатых дендритов. При таком строении непрерывнолитой заготовки усадочная пористость образуется в виде многочисленных небольших пор.

Нарушения режима вторичного охлаждения (слишком интенсивное) или перегрев металла способствуют образованию концентрированной (сосредоточенной) пористости[4],[5].

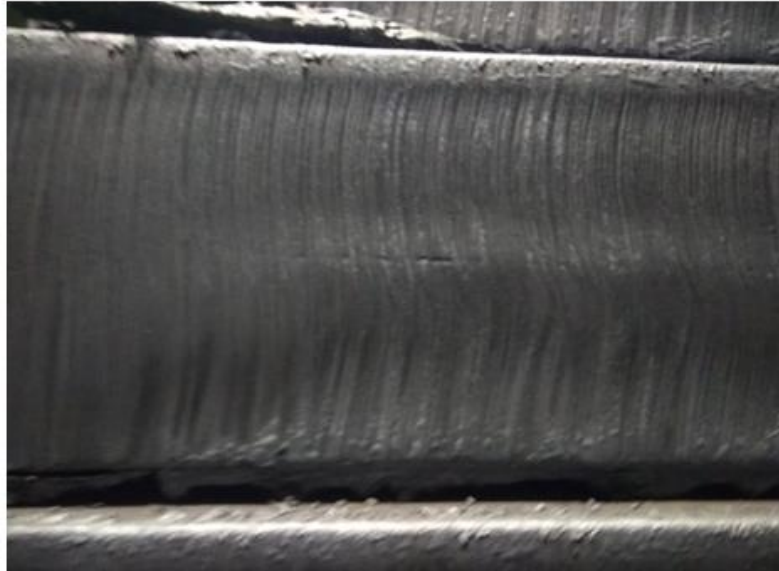


Рисунок 21 – осевая пористость нарушение геометрии сляба

Предельные отклонения сляба:

по толщине – 5 мм; по ширине – 10 мм;

по длине – +50/-30 мм.

При превышении обозначенных показателей слябы подлежат браковке.



Рисунок 22 – искажение профиля

Химическая неоднородность в непрерывнолитой заготовке обусловлена ликвацией — обогащением центральной жидкой части заготовки и усадкой осевой зоны при затвердевании в замкнутом по высоте объеме заготовки.

Из результатов химического анализа следует, что в центральной части содержание углерода будет больше на 0,3 % по сравнению с ковшевой пробой. Кроме того, на темплетах имеются участки светлого кольца, в которых

содержание углерода на 0,05 – 0,1 % ниже, чем в ковшевой пробе. Подобное явление называется обратной ликвацией.

Химическую неоднородность удается уменьшить снижением скорости разливки. Меньшее развитие она получает и в «холодном» металле. Снижение содержания серы и повышение отношения Mn/S также уменьшают неоднородность.

Степень загрязнения неметаллическими включениями непрерывнолитой заготовки, особенно легированной стали, кроме режима раскисления, во многом зависит от защиты струи и «зеркала» металла. Чем лучше защищена струя стали, тем меньше в готовой стали неметаллических включений. Поэтому при разливке сталей, содержащие титан, алюминий и другие легкоокисляющиеся элементы, применяют безнапорную разливку с затопленной струей и с защитой зеркала металла синтетическими шлаками.

7.Безопасность жизнедеятельности

Требования охраны труда перед началом работы

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

Состояние оборудования и рабочих мест. Наличие достаточного количества расходуемых материалов на складах и на рабочей площадках.

- 1) состояние электро-, энерго- и механооборудования закрепленных участков;
- 2) состояние трубопроводов и гибких шлангов для подачи к механизмам воды, сжатого воздуха, аргона (азота), гидравлических жидкостей;
- 3) исправность быстроразъемных или резьбовых соединений гибких шлангов аргонопроводов (азотопроводов);
- 4) состояние газоразборных постов; работу контрольно-измерительных приборов;
- 5) состояние лестниц и ограждений на закрепленных участках;
- 6) работу конечных выключателей, блокировок, световой и звуковой сигнализаций;
- 7) исправность связи;
- 8) наличие и исправность средств пожаротушения;
- 9) состояние инструментов и приспособлений;
- 10) чистоту оборудования и рабочего места;
- 11) наличие инструкций на рабочем месте;
- 12) исправность и достаточность освещения на рабочих местах.
- 13) не огражденные токоведущие части электроустановок (троллей, рубильники, клеммники и т.д.), доступные случайному прикосновению.
- 14) корпуса электрооборудования, которые могут оказаться под напряжением, в случае повреждения изоляции, при неисправном защитном заземлении.
- 15) открытые шкафы с электроаппаратурой, имеющие не огражденные токоведущие части.

Запрещается:

- 16) открывать и использовать электрические шкафы, рубильники и пульта управления для хранения каких-либо предметов.

17) использовать рукоятки рубильников в качестве вешалок.

18) проводить какие-либо работы по ремонту электрооборудования, прикасаться к токоведущим частям электроустановок, входить в электропомещения.

При работе на основном и вспомогательном оборудовании МНЛЗ, находящемся под напряжением или имеющем электрический привод, необходимо следить за исправностью защитного заземления этого оборудования, при обнаружении неисправности заземления, изоляции проводов прекратить работу.

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

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

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

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

Кабель электроинструмента должен быть защищен от случайного механического повреждения и соприкосновения с горячими, сырыми и масляными поверхностями. Не допускается натягивать, перекручивать и перегибать кабель, ставить на него груз, а также допускать пересечение его с тросами, кабелями, шлангами газосварки. При обнаружении каких-либо неисправностей, работа с ручными электрическими машинами, переносными электроинструментами и светильниками должна быть немедленно прекращена [12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте рассмотрена технология производства НЛЗ и работа системы мягкого динамического обжатия для заготовок 170*1030-1550 мм Ст1сп и Ст3сп.

Выполнено описание цеха, определена технология производства сплава. А также рассмотрены вопросы охраны труда и техники безопасности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буланов Л.В., Корзунин Л.Г. и др. Машины непрерывного литья заготовок. Теория и расчет Уралмаш - Metallургическое оборудование", 2004. – 349 с
2. Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов: справочник / В.Г. Сорокин. - М.: Интернет инжиниринг, 1957. - 420 с.
3. http://splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=388
4. http://splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=348
5. Вязников, Н.Ф. Легированная сталь / Н.Ф. Вязников. - М.: Metallургиздат, 1963. – 320
6. Кривандин, В.А. Metallургические печи / В.А. Кривандин, Н.Г. Молчанов, С.Л. Соломенцев. - 2-е изд., переработанное. М.: Metallургия, 1969. - 168 с
7. Семикин И.Д., Аверин С.И., Радченко И.И. Топливо и топливное хозяйство metallургических заводов: Учебное пособие для вузов – М.: "Metallургия", 1965. – 391 с.
8. Куклев, А.В. Практика непрерывной разливки стали / А.В. Куклев, А.В. Лейтес. – М.: Metallургиздат, 2011. – 432 с.
9. Артюшов В.Н. Непрерывная разливка стали на МНЛЗ-2 ЭСПЦ-6: Технологическая инструкция ТИ ЭС-09-2013, 2013.—123 с.
10. Смирнов, А.Н. Непрерывная разливка стали / А.Н. Смирнов, С.В. Куберский, Е.В. Штепан // Донецк: ДонНТУ, 2011. – 482 с.
11. Самсонов В.М. Патенты РФ на изобретения и полезные модели: — Metallургиздат, 2006.—78-87 с.
12. Сборник инструкций по охране труда и промышленной безопасности для огнеупорщиков УРМП, работающих на огнеупорном участке ККЦ - Челябинск: 2005.