



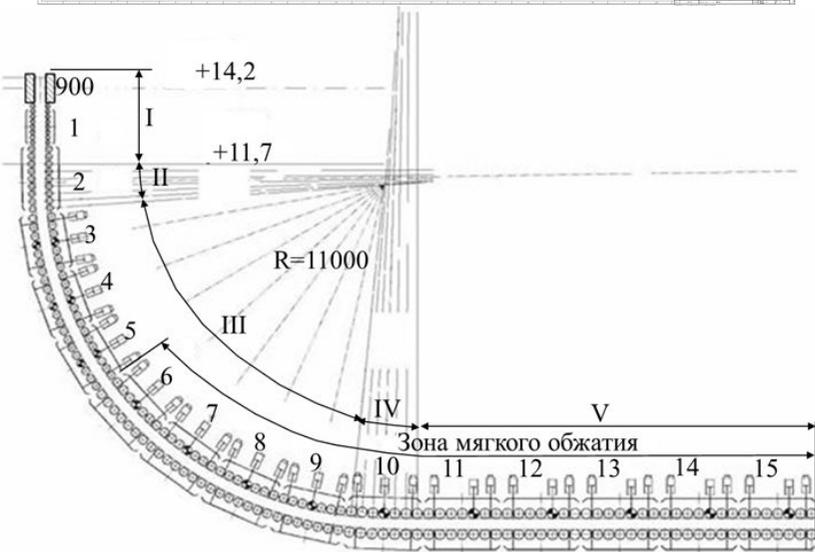
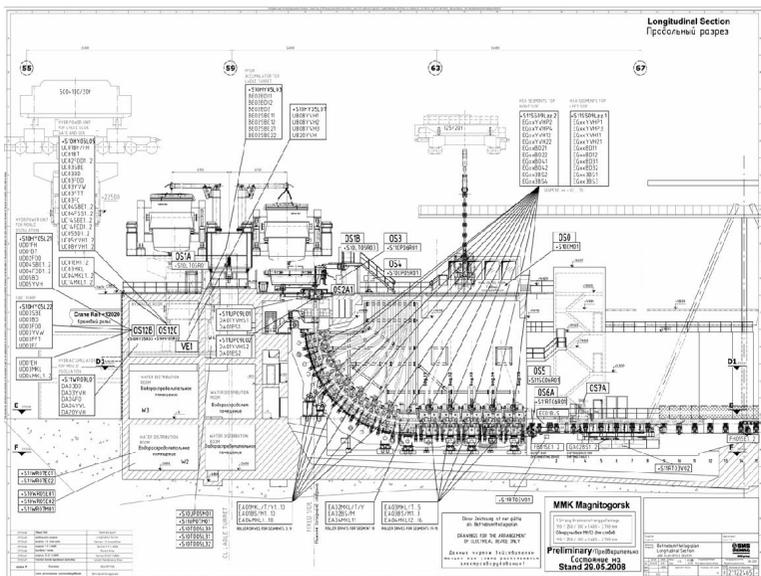
**МАГНИТОГОРСКИЙ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ
КОМБИНАТ**

Технология разливки стали слябовой
МНЛЗ в условиях ККЦ ОАО «ММК»

Кульжов А.А.

группа ММдс-13-1

Конструкция МНЛЗ №6, состав оборудования, его основные функции, достоинства и недостатки.



Наименование параметра	Значение параметра
Тип МНЛЗ	криволинейная с вертикальным участком
Количество ручьев	1
Радиус кривизны базовой стенки кристаллизатора, м	11
Длина вертикального участка, м	2,7
Тип кристаллизатора	вертикальный
Длина кристаллизатора, мм	900
Тип механизма качания	гидравлический
Частота качаний кристаллизатора, мин ⁻¹	от 50 до 300
Амплитуда качания, мм	от 1,5 до 3,0
Регулирование уровня металла в кристаллизаторе	индукционный датчик
Толщина отливаемых слябов, мм	190; 250; 300
Ширина отливаемых слябов, мм	от 1400 до 2700
Длина слитков после порезки, м	от 4,1 до 12
Длина полуготовых слябов, м	от 2,5 до 4,1
Максимальная скорость разливки, м/мин	2,5
Количество роликовых секций	15
Зоны мягкого обжатия	секции 6...15
Максимальное обжатие в сегменте, мм/м	1,2
Конструкция ЗВО	1, 2(торцы), 14, 15 зоны - водяное охлаждение, 3-13 зоны – водовоздушное охлаждение
Отметка разливочной площадки, м	13,8
Грузоподъемность поворотного стенда, т	2×535
Угол поворота стенда	не ограничен
Высота подъема стальной заготовки, мм	1000

Годовая производительность – 1 650 000 тыс.

ТОНН

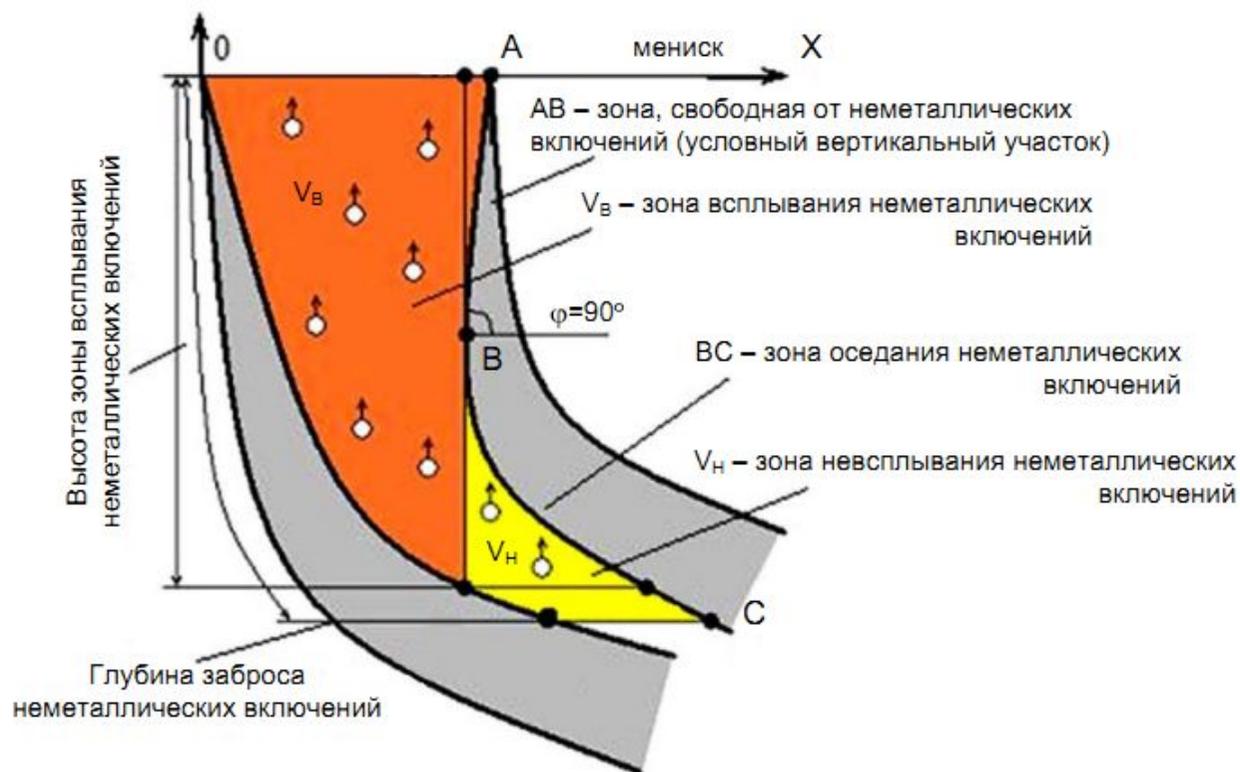
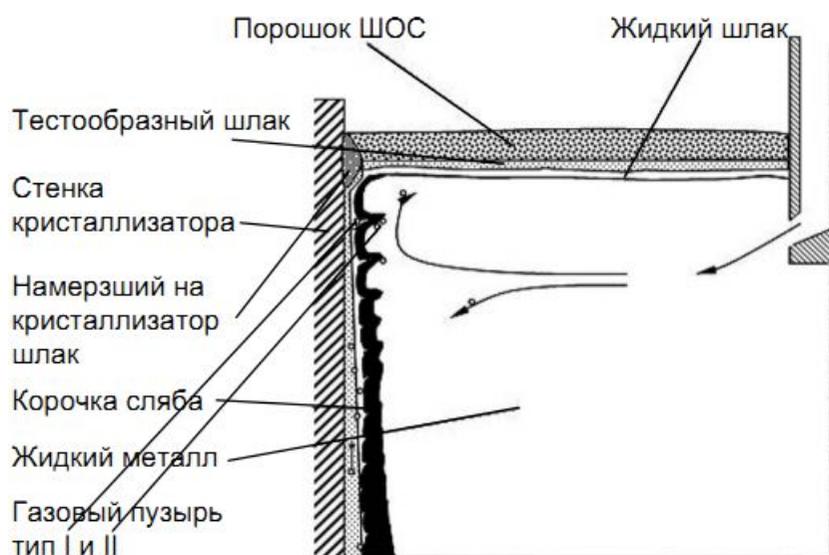
Отличительными особенностями МНЛЗ№6 в сравнении с имеющимися в ККЦ

1. Применение затравок звеньевоего типа (надувной элемент полностью отсутствует), с вводом затравки снизу;
2. Наличие вертикального участка длиной 2,7 м, включая кристаллизатор высотой 900 мм;
3. Большой базовый радиус — 11 м;
4. Возможность отливки слябов разной толщины: 190, 250 и 300 мм и коротких слябов, начиная с 2,5 м.
5. Наличие в линии МНЛЗ№6 – ТОЛЗ гратоснимателя;
6. Промежуточный ковш вместимостью до 47,5т (фактически 38-43 т);
7. Использование гидравлического механизма качания вертикального кристаллизатора;
8. Наличие никелевого износостойкого покрытия по высоте медных плит кристаллизатора;
9. Возможность изменения ширины отливаемой заготовки в процессе разливки стали;
10. Наличие устройства быстрой замены погружного стакана;
11. Вторичное охлаждение сляба в 15 сегментах и применение динамической системы вторичного охлаждения заготовки;
12. Применение технологии мягкого обжатия.

Удаление неметаллических включений

Наличие вертикального участка длиной около 2,7 м на МНЛЗ создает условия для беспрепятственного всплывания неметаллических включений и ассимиляции их покровным шлаком в кристаллизаторе.

Развития дефекта "точечная неоднородность" на МНЛЗ№6 с вертикальным участком, примерно в десять раз меньше ($T_{H\text{сред}} < 0,10$ балла), чем при разливке стали на криволинейных машинах.



Влияние базового радиуса и вместимости ПК

Базовый радиус около 11,0 м позволяет минимизировать величину имеющихся растягивающих напряжений на поверхности слитка и не приводит к появлению грубых трещин (поперечных трещин по ребрам), образующиеся в результате разгиба непрерывнолитой заготовки

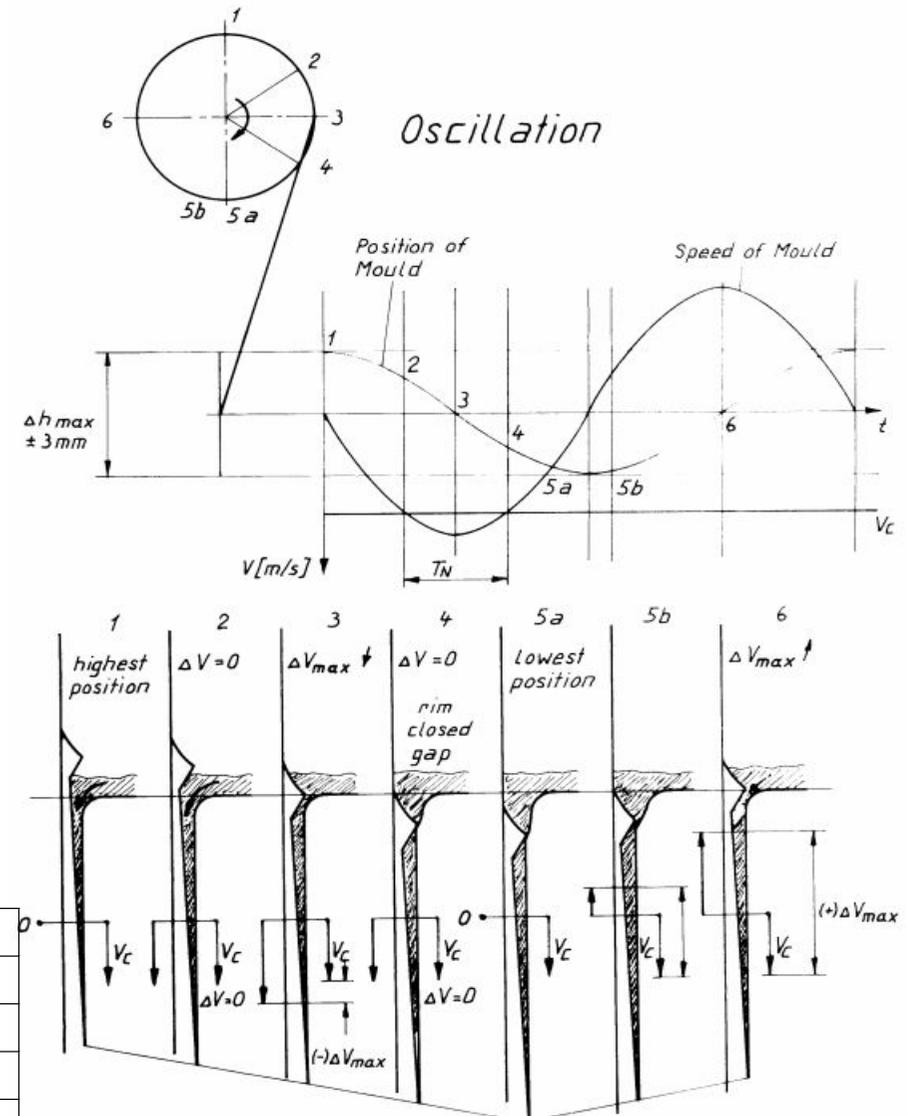
Промежуточный ковш служит буферной или промежуточной ёмкостью для жидкого металла во время замены сталковша и, таким образом, обеспечивает возможность серийной разливки.

- В промковше осуществляется дальнейшая доводка стали путем выведения неметаллических включений в верхний шлак по мере прохождения стали через промковш.
- Промковш обеспечивает постоянное ферростатическое давление в кристаллизаторе на протяжении всего периода разливки и, таким образом, способствует стабилизации параметров разливки в кристаллизаторе.

Кристаллизатор

На МНЛЗ№6 применяется резонансный кристаллизатор с гидравлическим приводом механизма качания.

- использование пластинчатых пружин, обеспечивающих отсутствие люфтов, уменьшение трения и улучшение качества поверхности отливаемых слэбов.
- качание кристаллизатора обеспечивает относительное движение между кристаллизатором и затвердевающей коркой слитка. Наиболее известной и самой широко применяемой формой качания кристаллизатора является синусоида.
- благодаря движению кристаллизатора относительно слитка и соответствующей смазке предотвращается прилипание корочки слитка к кристаллизатору.



Скорость при толщине

300мм		250 мм		
0,75	0,8	0,9	1,0	1,1
105	112	127	140	154
2,5/2,5		2,5/2,5		

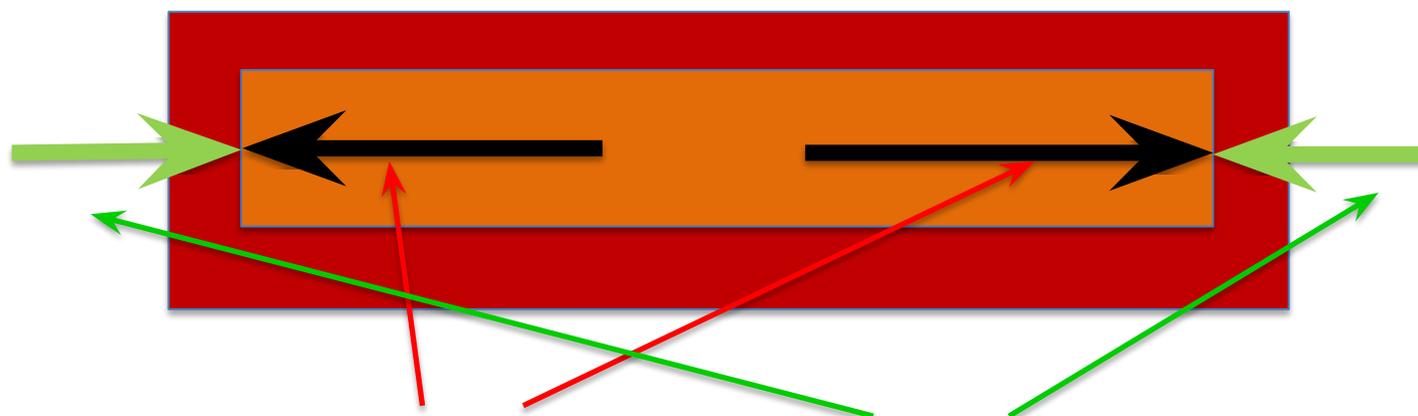
Система изменения ширины слитка (RAM)

Система RAM позволяет регулировать ширину получаемого сляба в ходе разливки (при ЗПК, в случае изменения скорости, при переходе с одного сечения на другое).

Затрачивается меньше времени на Переподготовку МНЛЗ

Скорость изменения ширины слитка в процессе разливки 5 мм/мин

Скорость изменения ширины слитка при переподготовке МНЛЗ до 50 мм/мин



**Конечная
ширина
слитка в
ХОЛОДНОМ
СОСТОЯНИИ
ЗАВИСИТ**

= *Распирающее ферростатическое давление жидкой сердцевины* + *Сжимающие напряжения, вследствие термической усадки слитка*

Применение системы быстрой замены погружного стакана

Не приводит к образованию поясов.

Замена погружного стакана производится на минимальной рабочей скорости вытягивания заготовки.

Обеспечивается плотное соединение между стакан-дозатором и погружным стаканом

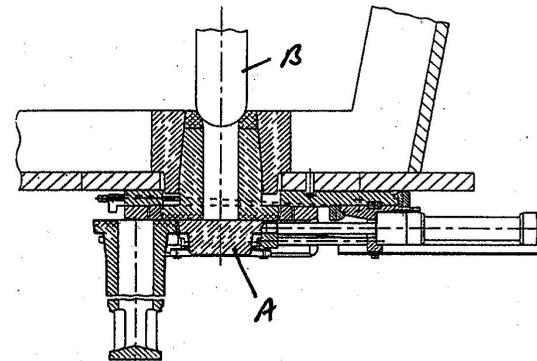
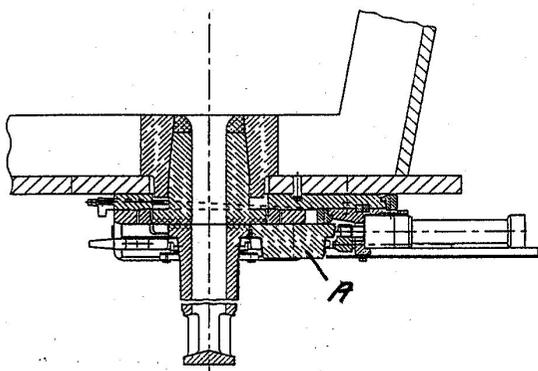
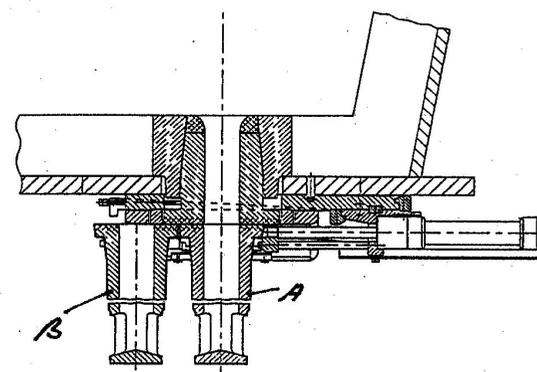
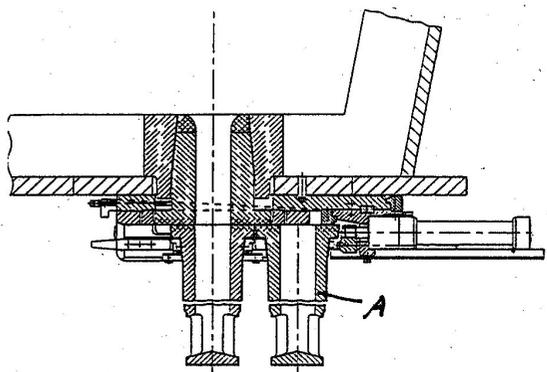


Схема вторичное охлаждение слывовой непрерывнолитой заготовки

Согласно ТИ 101-СТ-ККЦ-16, для слитков толщиной 190, 250, 300 мм существует по 5 режимам охлаждения.
 Наиболее мягкими режимы (Температура слитка в ЗВО больше, расходы воды меньше) является **1, 11, 21** кривая соответственно для слитка **190, 250, 300** мм.

В **зоне подбоя, охлаждение торцов**, и в секциях **с 11 по 15** охлаждение производится **водой**.
 С **1 по 10 секцию** охлаждение **водовоздушное**.

Для получения высококачественной НЛЗ охлаждение слитка по ширине производится с различными расходами.
 Так в 3 (1секция), 4 и 5 зонах (верх и низ второго сегмента) существует 3 контура по ширине НЛС. С 6 по 13 зону по 2 контура.

Водяное
охлаждение

Водовоздушное
охлаждение

Водяное
охлаждение

1				
2				
3.2	3.1	3.0	3.1	3.2
4.2	4.1	4.0	4.1	4.2
5.2	5.1	5.0	5.1	5.2
6.1	6.0	6.1		
7.1	7.0	7.1		
8.1	8.0	8.1		
9.1	9.0	9.1		
10.1	10.0	10.1		
11.1	11.0	11.1		
12.1	12.0	12.1		
13.1	13.0	13.1		
14				
15				

Зона подбоя

Торцы

Секция 1 – большой «R» и

Секция 2 (верхняя часть) – большой «R» и малый «r»

Секция 2 (нижняя часть) – большой «R» и малый «r»

Секции 3 и 4 – малый радиус «r»

Секции 3 и 4 – большой радиус «R»

Секции 5 и 6 – малый радиус «r»

Секции 5 и 6 – большой радиус «R»

Секции 7 и 8 – малый радиус «r»

Секции 7 и 8 – большой радиус «R»

Секции 9 и 10 – малый радиус «r»

Секции 9 и 10 – большой радиус «R»

Секции с 11 по 15 – малый радиус «r»

Секции с 11 по 15 – большой радиус «R»

Управление вторичным охлаждением слябовой непрерывнолитой заготовки

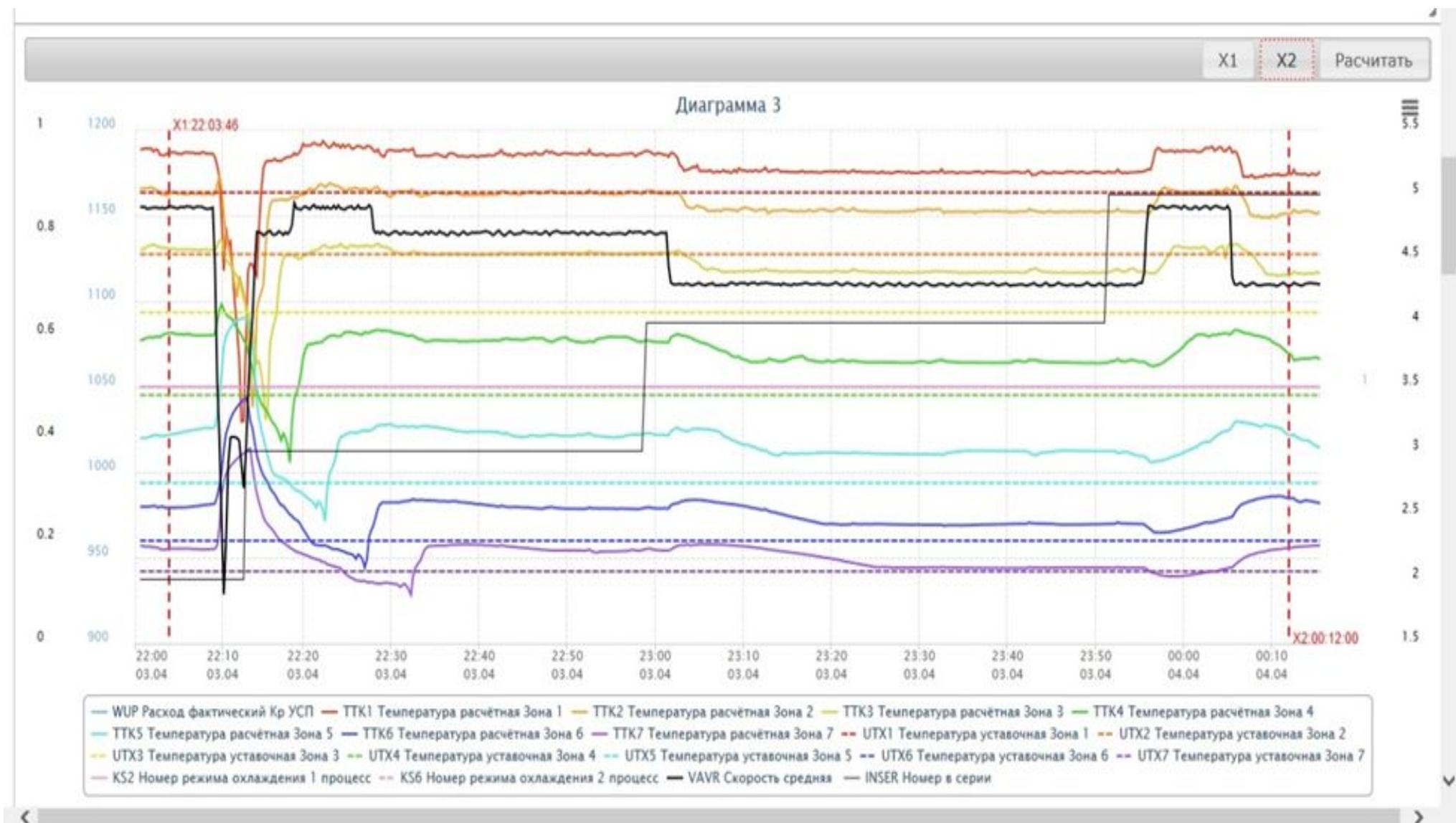
Применение табличных расходов

охлаждения – Расходы воды постоянны для определённой толщины, ширины, сортамента слябовой заготовки и изменяются пропорционально изменению скорости вытягивания заготовки

Разливка с применением динамической модели

охлаждения (DSC) - Расходы воды зависят от толщины, ширины слябовой заготовки, сортамента отливаемой стали, температуры металла в ПК, плотности интегрального теплового потока в кристаллизаторе. Расход охладителя обеспечивает поддержание определённой заданной температурной кривой охлаждения.

Управление вторичным охлаждением слябовой непрерывнолитой заготовки в



Температура ликвидус и солидус

Затвердевание сплава железа с углеродом происходит в интервале температур ликвидус - солидус

Температура ликвидус – температура при переохлаждении ниже которой начинает происходить переход из жидкого состояния в твердое

$$t_{ликв} = 1537 - 88[C] - 8[Si] - 5[Mn] - 25[S] - 30[P] - 1,5[Cr] - 4[Ni] - 5[Cu];$$

Температура солидус – температура, при которой расплав в физическом состоянии на 100 % состоит из твердой фазы

$$t_{сол} = 1536 - 415,5[C] - 12,3[Si] - 6,8[Mn] - 183,9[S] - 124,5[P] - 1,4[Cr] - 4,3[Ni] - 4,1[Cu].$$

Технология мягкого обжатия слябовой заготовки

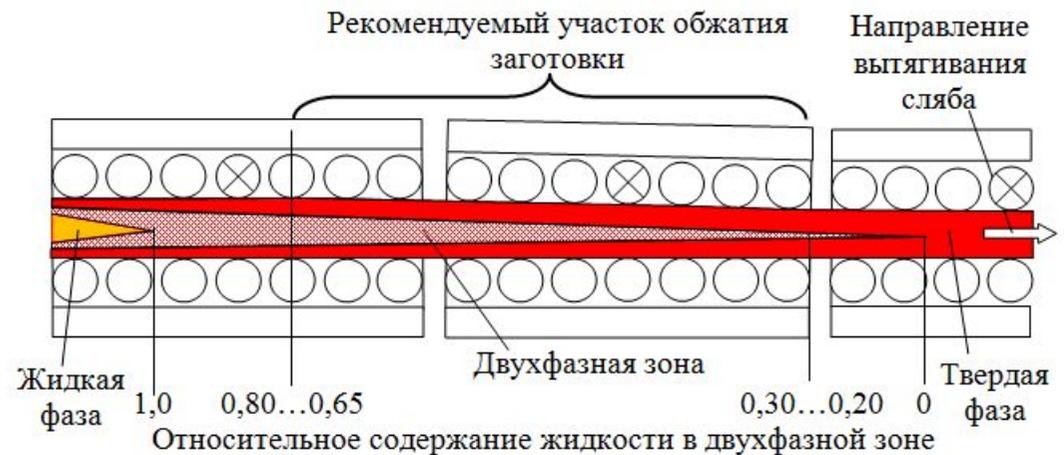
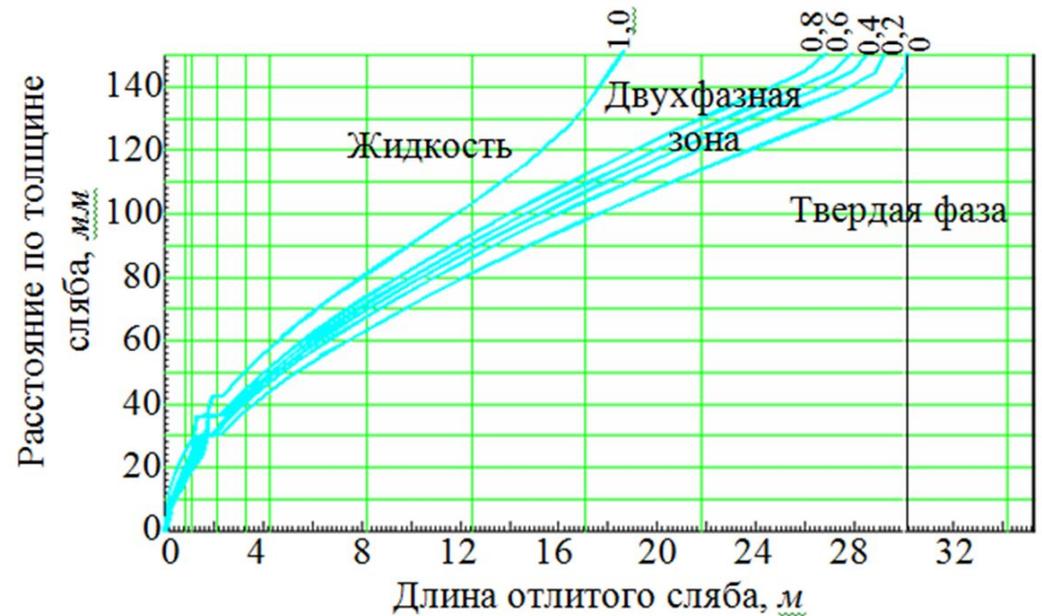
Мягкое обжатие слябовой заготовке (***Soft Reduction***) – применяется с целью снижения степени развития дефектов центральной сегрегации.

На МНЛЗ№6 «Мягкое обжатие» слябовой заготовки может быть осуществлено с 6 по 15 сегмент зоны вторичного охлаждения.

Мягкое обжатие слитка может производиться в одном, двух или трех смежных сегментах

Интенсивность мягкого обжатия слябовой заготовки в одном сегменте может составлять до 1,2 мм/м

Расчет границ кристаллизации производится динамической системой охлаждения (DSC)

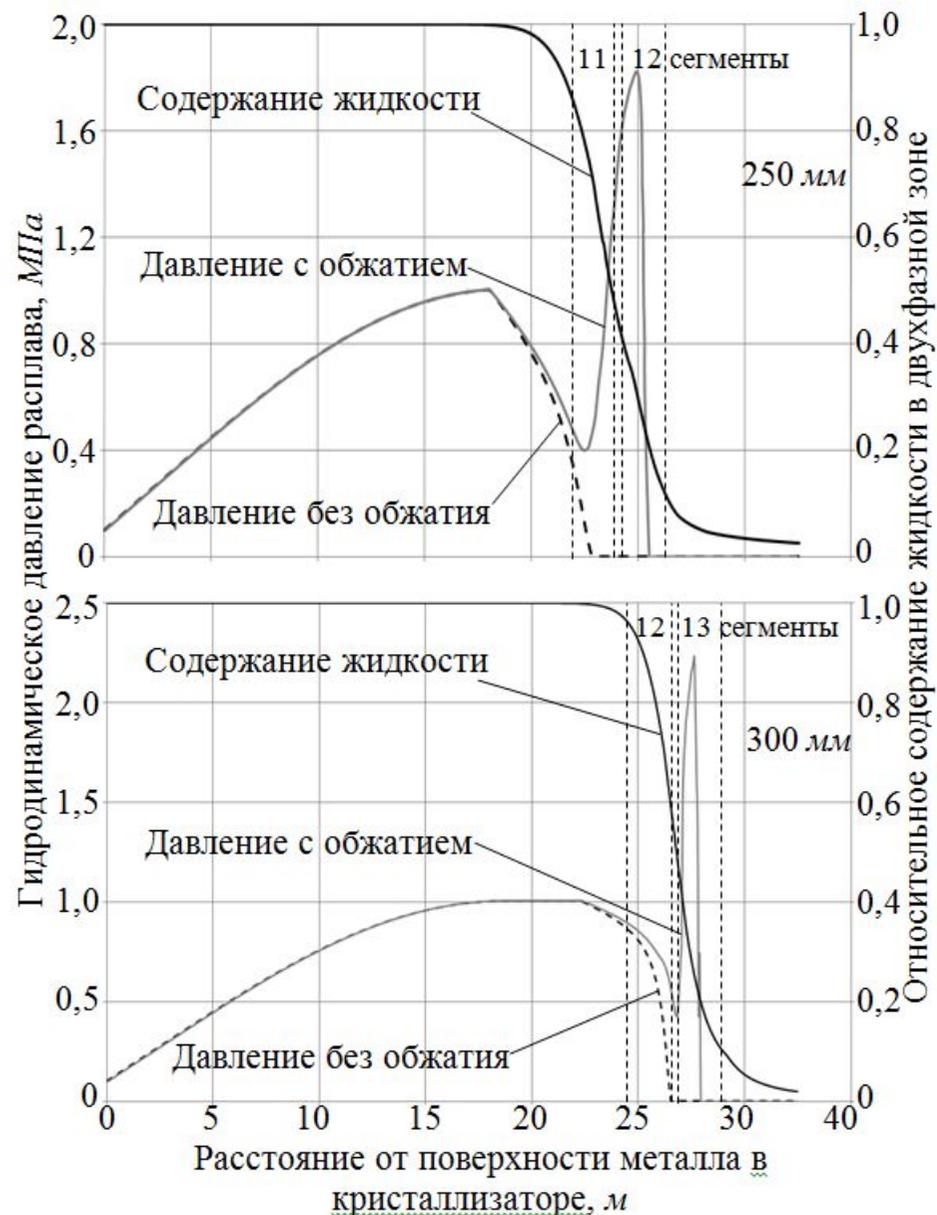


Расчет ферростатического давления слябовой непрерывнолитой заготовки слябовой непрерывнолитой заготовки

Мягкое обжатие производится с целью подпитки границ кристаллизации двухфазной зоны жидким расплавом после первого порога проницаемости

Первому порогу проницаемости соответствует участок слябовой заготовки где ферростатическое давление столба жидкого металла равно 0, но подпитка границ кристаллизации жидким расплавом еще может происходить. Содержание жидкости в двухфазной зоне около 60-70%

Второму порогу проницаемости соответствует участок слябовой заготовки где ферростатическое давление столба жидкого металла равно 0, и подпитка границ кристаллизации жидким расплавом уже невозможна. Содержание жидкости в двухфазной зоне около 20 %.



Технология производства низколегированных трубных марок стали на МНЛЗ№6

В зависимости от толщины готового проката разливка металла может быть осуществлена в слябы толщиной 190, 250 и 300 мм

В сляб толщиной 190 мм производится разливка стали низколегированного сортамента, технология производства которых предусматривает технологию двойного переката из сляба толщиной 250 мм (К56 толщиной 12-14 мм)

В сляб толщиной 250 мм производится разливка стали с толщиной готового проката до 15 мм

В сляб толщиной 300 мм производится разливка стали с толщиной готового проката более 15 мм

	190	250	300
Скорость вытягивания слитка из кристаллизатора, м/мин	0,8...1,2	0,8...1,1	0,70...0,80 (0,8*)

	190	250	300
Перегрев разливаемой стали над температурой ликвидус, °С	10...35	10...35	10...35 (20...35)*

* - в соответствии с ТД-0520

Защита металла от вторичного окисления и тепловых потерь

Применение теплоизолирующих материалов на поверхности СК, а также теплоизоляционных крышек;
Обязательная разливка с применением защитной трубы между СК-ПК, включая открытие плавков на трубу;
Применение эластичных огнеупорных материалов в стыке между коллектором СК и защитной трубой;
Подача инертного газа в стык между СК и трубой, а также на экранирование системы быстрой замены погружного стакана;
Применение теплоизолирующих и ассимилирующих смесей в промежуточном ковше;
Применение шлакообразующих смесей в кристаллизаторе;

Теплоизолирующие смеси в СК

ТИС 1 (материал представляет отбросы производства шамотных кирпичей)

Теплоизолирующие смеси в ПК

Glutin RS-6 (смесь на основе рисовой лузги, изготовленной путем сжигания, без доступа воздуха)

ШОС применяемые в ПК

Glutin TC-0
Alsicover PA TS-B4
ШОС 12

ГШОС применяемые в кристаллизаторе МНЛЗ

Accutherm ST-SP/605-M1
Accutherm 234 SC
Syntherm GS 813/P2

Основные дефекты поверхности и внутренней структуры непрерывнолитой заготовки отлитой на МНЛЗ№6.

К основным дефектам поверхности слябовой заготовки отлитой на МНЛЗ№6 относятся:

Продольная трещина на широкой грани
Шлаковые включения по узким и широким граням

К основным дефектам внутренней структуры слябовой заготовки отлитой на МНЛЗ№6 относятся:

Дефекты ликвационного происхождения
Внутренние трещины перпендикулярные широким и узким граням
Трещина гнездообразная

Контроль качества внутренней структуры слябовой заготовки

Геометрические размеры слябов и их предельные отклонения должны соответствовать требованиям предприятия

1. Толщина слитка - ± 5 мм
2. Ширина слитка - ± 1 %
3. Длина: до 9000 мм включительно - ± 60 мм; свыше 9000 мм - ± 100 мм;
4. Выпуклость (вогнутость) широких и узких граней слябов должна быть не более ± 10 мм.
5. Клиновидность (разнотолщинность) не более 5 мм.
6. Ромбичность (разность диагоналей в поперечном сечении) не более 10 мм
7. Разность по ширине на концах сляба не более 10 мм.

В случае продольной порезки слябов разность по ширине на концах сляба должна составлять:

- в поток стана 2350 и стана 5000 не более 50 мм;
- в поток стана 2000 г.п. и стана 2500 г.п. не более 20 мм.

Контроль качества поверхности слябовой заготовки

Охлаждение сляба:

Слябы, предназначенные для контроля поверхности на УП и ОЗГС ККЦ охлаждаются в стопе не менее 48 часов при толщине 190 мм, 250 мм и не менее 72 часов при толщине 300 мм.

При содержании водорода более 2,5 ppm длительность выдержки металла в стопе увеличивается на 24 часа

Контроль качества поверхности сляба:

Три первых сляба: - с первой плавки в серии; - после пояса. – 3-й способ

Один сляб: - перед поясом; - со снижением скорости менее 0,4 м/мин (подвисяние) – 3-й способ

Сляб последний в серии на МНЛЗ, с приработкой стопора, с замечаниями по работе ЗВО и DSC,

1-я плавка в серии а также каждая пятая плавка на МНЛЗ – 2 способ

Плавки в серии на МНЛЗ – без зачистки, обязательное удаление грата

Контроль качества поверхности сляба:

1 способ - Зачистка «двойной змейкой» по малому радиусу, узким граням и "лампасом" (шириной 50-60 мм) вдоль ребер сляба;

2 способ - Зачистка "двойной змейкой" по малому радиусу, "сплошная" по узким граням и "лампасом" по малому радиусу (шириной 200-250 мм) вдоль ребер сляба, со "скруглением" ребер (радиусом 50 мм, оценка визуально);

3 способ - Зачистка "двойной змейкой", "лампасом" (шириной 200-250 мм), со "скруглением" ребер (радиусом 50 мм, оценка визуально) вдоль ребер сляба по малому и большому радиусу, "сплошная" по узким граням сляба.

Сплошная зачистка широких граней производится в случае обнаружения дефекта на малом или большом радиусе
