

Введение

«Евраз-ЗСМК» входит в пятерку крупнейших в мире производителей железнодорожных рельсов. Это крупный металлургический завод расположенный в городе Новокузнецке Кемеровской области.

Рельсобалочный цех является одним из старейших подразделений «Евраз-ЗСМК», он начал свою работу в 1932 году. По рельсам сделанным в этом цехе движутся все трамваи в городах России и ближнего зарубежья. Здесь же прокатываются рельсы для РЖД и метрополитенов Москвы и Санкт-Петербурга. Рельсами, произведенными за годы работы РБЦ ОАО «Евраз-ЗСМК», можно обогнуть земной шар более 23 раз.

С июля 2001 года МПС ввело новый ГОСТ на рельсовую продукцию, предъявив более жесткие требования к геометрии, чистоте по металлическим включениям, механическим свойствам и системе неразрушающего контроля. Выполнить требования ГОСТа для высшей категории Б, оставаясь в рамках действующей технологии, комбинат не мог. Было принято решение о реконструкции рельсобалочного производства.

14 февраля 2006 года на участке нагревательных устройств была пущена двухрядная нагревательная методическая печь с шагающими балками производительностью 250 тонн заготовки в час. Это позволило вывести из эксплуатации три морально устаревших нагревательные печи «Сименс», конструкции 30-х годов, а также обеспечить прямую передачу заготовки из электросталеплавильного цеха в рельсобалочный цех.

В 2010 году был завершен проект технического перевооружения рельсового производства, а также был завершен второй этап реконструкции печи с шагающими балками .

Реконструкция была направлена на создание современного, высокотехнологичного рельсового производства, способного обеспечить:

- Выпуск как дифференцированно закаленных рельсов длиной до 100 метров, так и рельсов объемной закалки длиной 25 м в объеме 950 тыс.т./год, из них до 100% термоупрочненных;
- Выпуск продукции отвечающей всем современным стандартам;
- Уменьшение расходных коэффициентов;
- Расширение сортамента.

Второй этап реконструкции

Основные мероприятия, которые были реализованы на этапах реконструкции:

Реконструкция стана ;

Установка дифференцированной закалки головки рельсов воздухом;

Организация участка отделки 100 метровых рельсов;

Строительство нового вальцетокарного участка и установка современного вальцетокарного оборудования;

Установка нового роликоправильного комплекса;

Модернизация печи с шагающими балками;

«Евраз-ЗСМК» производит высококачественные рельсы повышенной прямолинейности, которые особенно ценятся на рынке. В РБЦ используется уникальная технология обнаружения дефектов, включающая три этапа тестирования, что обеспечивает максимальное соответствие производимых рельсов международным стандартам качества.

Установленная производственная мощность рельсобалочного цеха (РБЦ) до реконструкции составляла 1,260 млн. т. в год.

Для дополнительного улучшения качества готовых изделий на «Евраз-ЗСМК», применяется термообработка рельсов



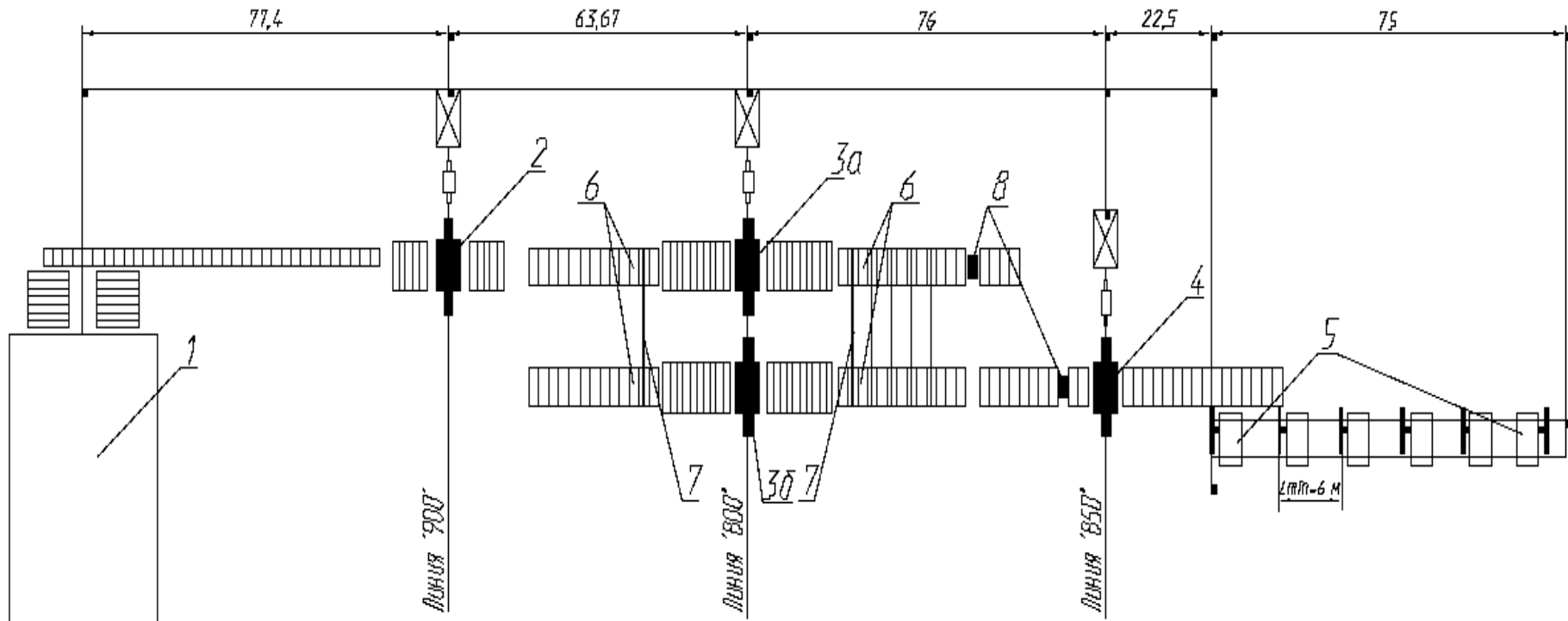
Высокоскоростные железные дороги

В настоящее время ОАО «РЖД», для сокращения количества сварных соединений, повышения безопасности движения и увеличения максимально допустимой скорости подвижного состава, ежегодно готова закупать от 400 до 600 тысяч т рельсов длиной 100 м, а в будущем потребности могут вырасти до 1 млн.т.

100 м рельсы используются для высокоскоростного движения между Москвой и Санкт-Петербургом, Москвой и Нижним Новгородом, Санкт-Петербургом и Хельсинки, где уже курсирует скоростной поезд «Сапсан». В перспективе, планируется построить высокоскоростные линии до Самары, Екатеринбурга, Казани, соединить города где пройдут матчи чемпионата мира по футболу 2018 г.

На сегодняшний день ОАО «РЖД» закупает рельсы для высокоскоростных железных дорог в Австрии, поэтому выпуск конкурентоспособных на мировом рынке 100 м рельсов является одним из приоритетных направлений в развитии ЕВРАЗ.

Схема расположения оборудования рельсобалочного стана до реконструкции



- | | |
|--|---|
| 1 - печь с шагающими балками; | 5 - дисковые пилы салазкового типа (6 шт.); |
| 2 - клеть стана "900" (дуо-реверсивная); | 6 - подъемно-качающиеся стелы; |
| 3а - клеть "800-I" (трио); | 7 - передаточные шлеппера; |
| 3б - клеть "800-II" (трио); | 8 - шайбовый кантователь (2 шт.). |
| 4 - клеть стана "850" (дуо); | |

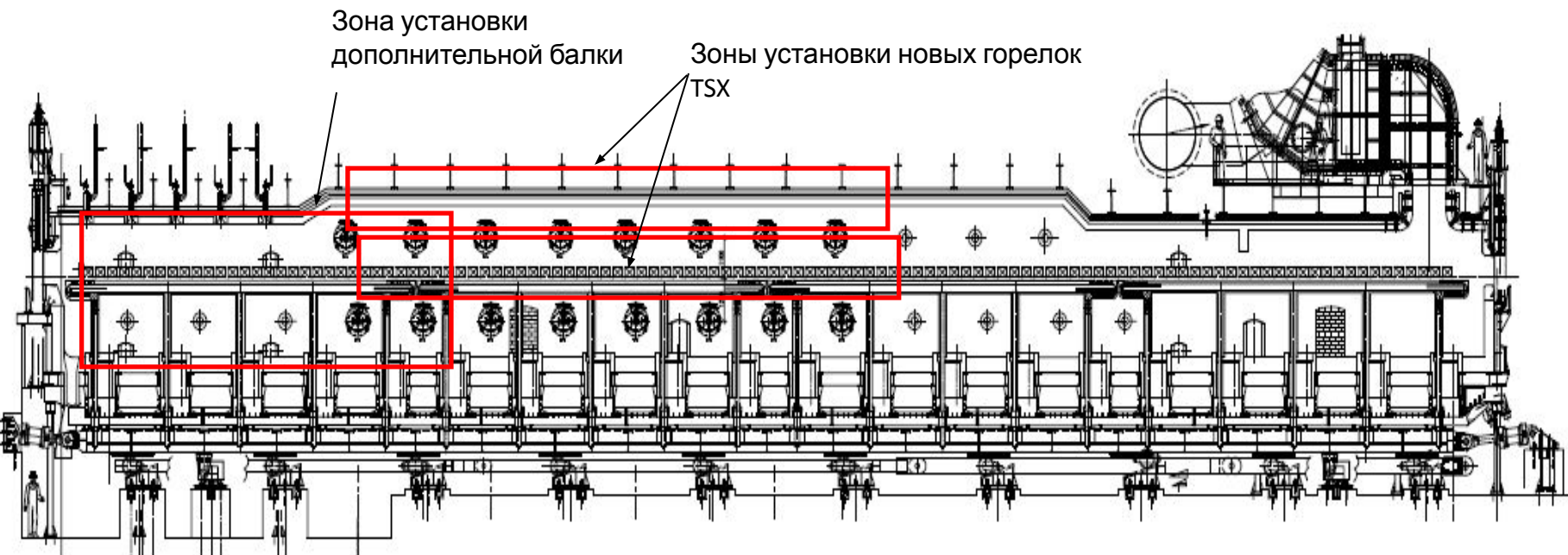
Что мы хотим:


- производить рельсы длиной 100 метров из заготовки 300x360x8980 мм

В следствие чего мы должны:

- провести реконструкцию печи с шагающими балками
- заменить горелки
- установить дополнительную опорную балку
- установить систему автоматизации Уровня 2
- пересмотреть режимы нагрева металла

Стартовая ситуация



 - зоны, подлежащие реконструкции

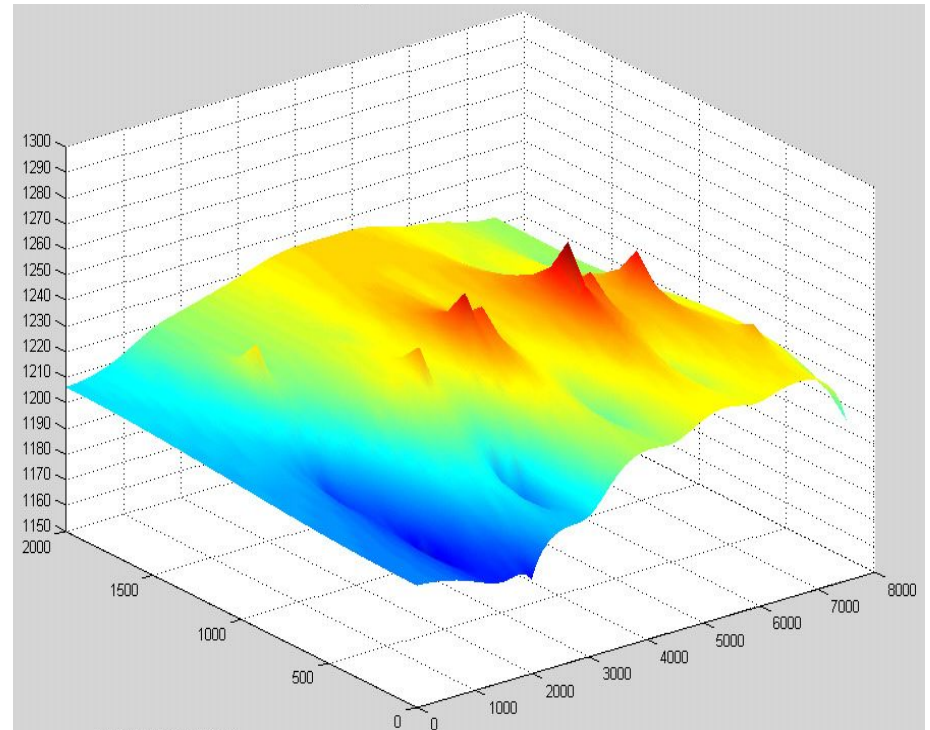
Печь с шагающими балками, продольный разрез

- Тип печи – с шагающими балками
- Расположение заготовок в печи – двухрядное
- Количество зон теплового регулирования – 10
- Максимальный размер нагреваемых заготовок – 300x340x5100 мм

Замена горелочных устройств



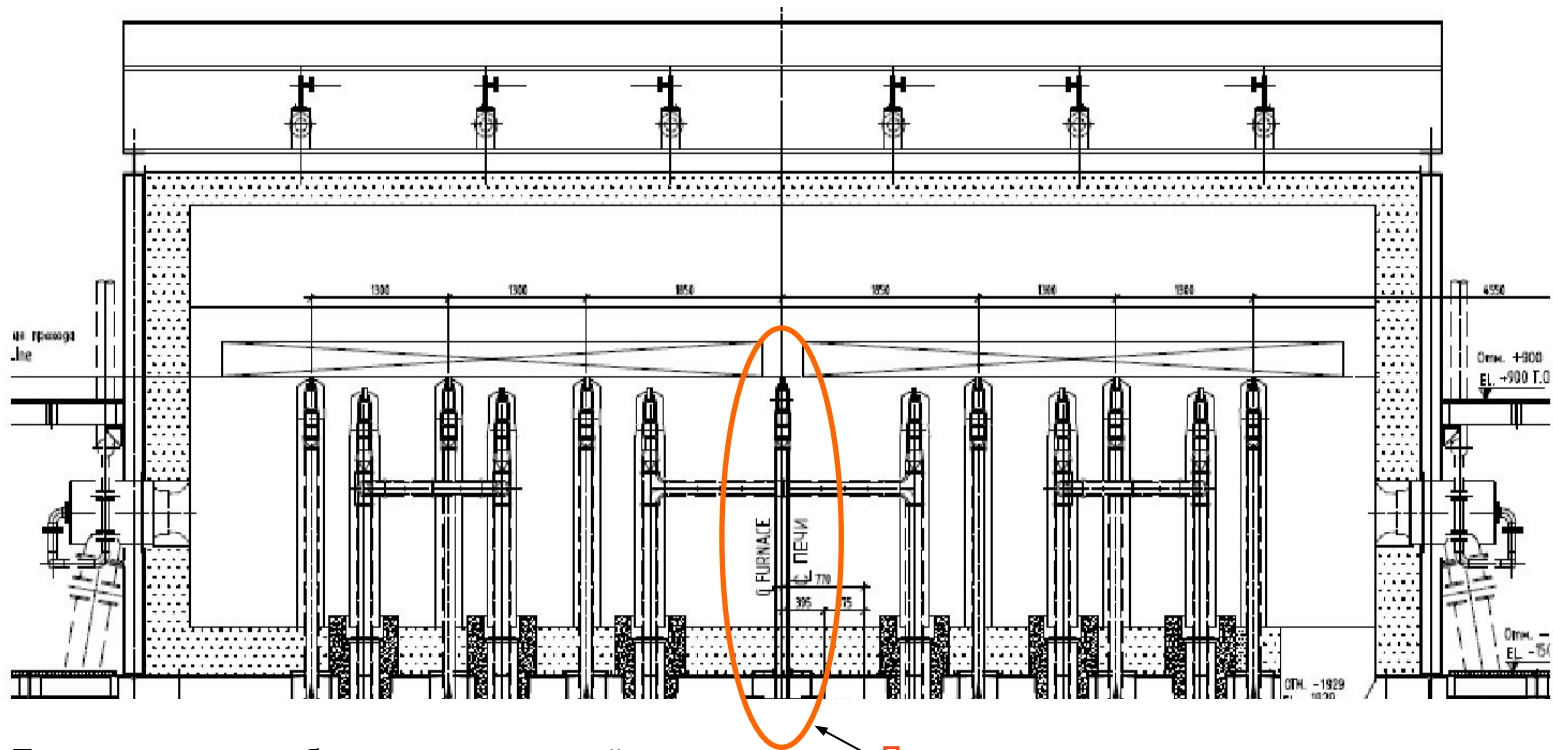
Горелка типа TSX, общий вид



Перепад температур по объему рабочего пространства печи

В зонах №№3-6 заменены горелки типа GR в количестве 32 штук на современные беспламенные горелки типа TSX. Данные горели обеспечивают более равномерное распределение температуры по рабочему пространству печи, перепад в отдельных точках составляет не более 50 °С.

Установка дополнительной балки



Печь с шагающими балками, поперечный разрез.

Дополнительная центральная балка

Дополнительная центральная балка устанавливается в томильной зоне и выполняет две

основные функции:

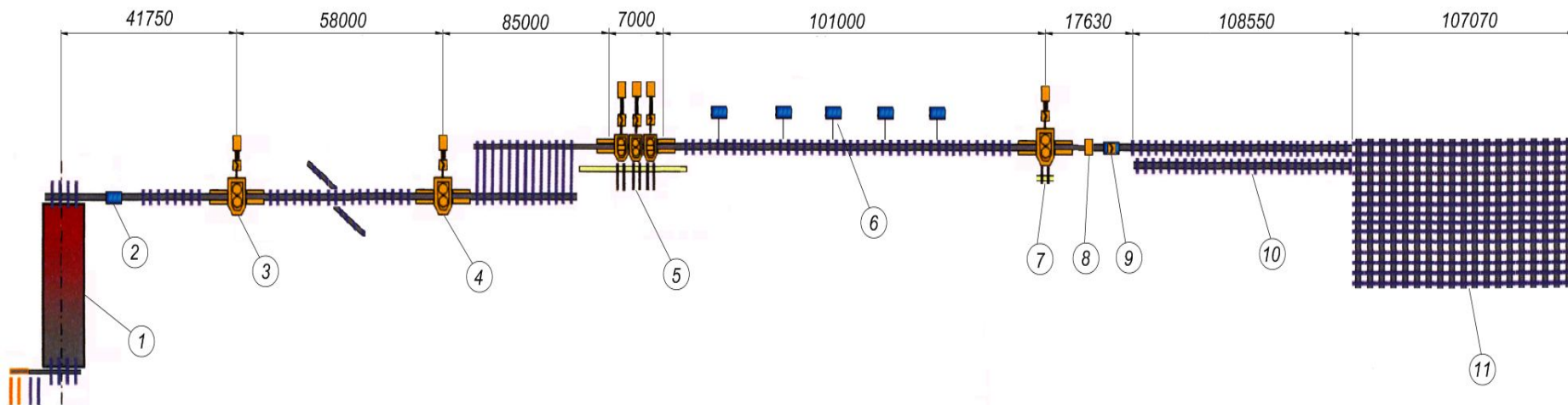
- исключение деформации заготовки при высокотемпературном нагреве
- обеспечение равномерного нагрева заготовки по длине и сечению

Заключение

Параметры	Возможности для ...	Ограничения по ...
Уменьшение потерь времени		
Увеличение производительности		Производительности – 120 т/ч. При нагреве заготовок длиной до 5100 мм (отработка технологии прокатки)
Уменьшение брака	Обеспечение равномерности нагрева – перепад температуры по длине 100-метрового рельса после прокатки не выше 30-50 °С	

Главный вывод: реконструкция печи с шагающими бапками положительно сказалась на технических показателях печи, равномерности и точности нагрева металла, что является одним из факторов для производства качественных 100-метровых рельсов.

Планировка расположения оборудования нового рельсобалочного стана



- 1 – нагревательная печь;
- 2 – устройство гидросбива окалины;
- 3 – черновая обжимная клетка BD1;
- 4 – обжимная клетка BD2; заковки;
- 5 – тандем-группа;
- 6 – пилы горячей резки;

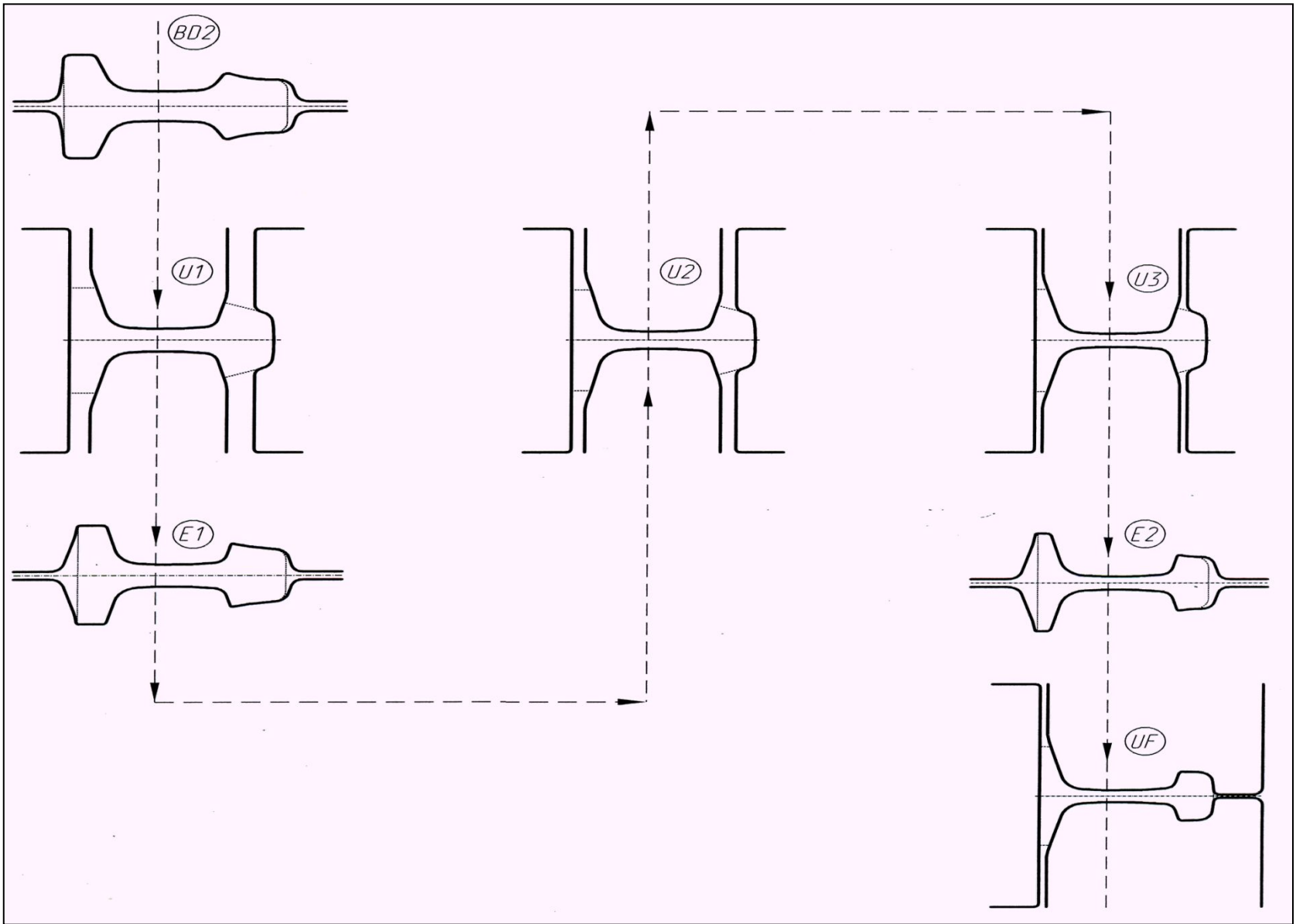
- 7 – чистовая клетка;
- 8 – лазерный измеритель профиля;
- 9 – клеймитель;
- 10 – участок дифференцированной заготовки;
- 11 – участок холодильника.

Технологический маршрут прокатки рельсов



1. Подготовка металла к производству (осмотр заготовок, удаление дефектов)
2. Нагрев непрерывнолитой заготовки в печи с шагающими балками до температуры прокатки;
3. Прокатка заготовки (с использованием гидросбива окалины) на двухвалковой реверсивной обжимной клети VD1(за 7 проходов);
3. Передача раската после VD1 для прокатки на двухвалковой реверсивной клети VD2 (за 5 проходов);
4. Передача полосы при помощи цепной транспортной системы на рольганг перед станом-тандем;
5. Прокатка в стане-тандем (за 3 пропуска) (1 проход: UR-ER; 2 проход: ER-UR; 3 проход: UR-EF-UF) с использованием гидросбива окалины;
6. Прокатка на универсальной чистовой группе клетей U0 для получения высокоточного профиля.

Схема универсальной прокатки в компактной группе клеток



Основные преимущества универсальной прокатки:

- однородное равномерное обжатие
- прямое воздействие усилий прокатки на головку
- неизменный профиль головки
- минимальное остаточное напряжение
- сверхточные допуски
- более простая конструкция и большой срок службы валка



Назначение обжимной клетки ВД 1

Прокатная клетка ВД 1 предназначена для прокатки заготовок, нагретых в печи с шагающими балками до температуры прокатки, в калиброванных валках за несколько пропусков в реверсивном режиме .

Основные требования к материалам процесса

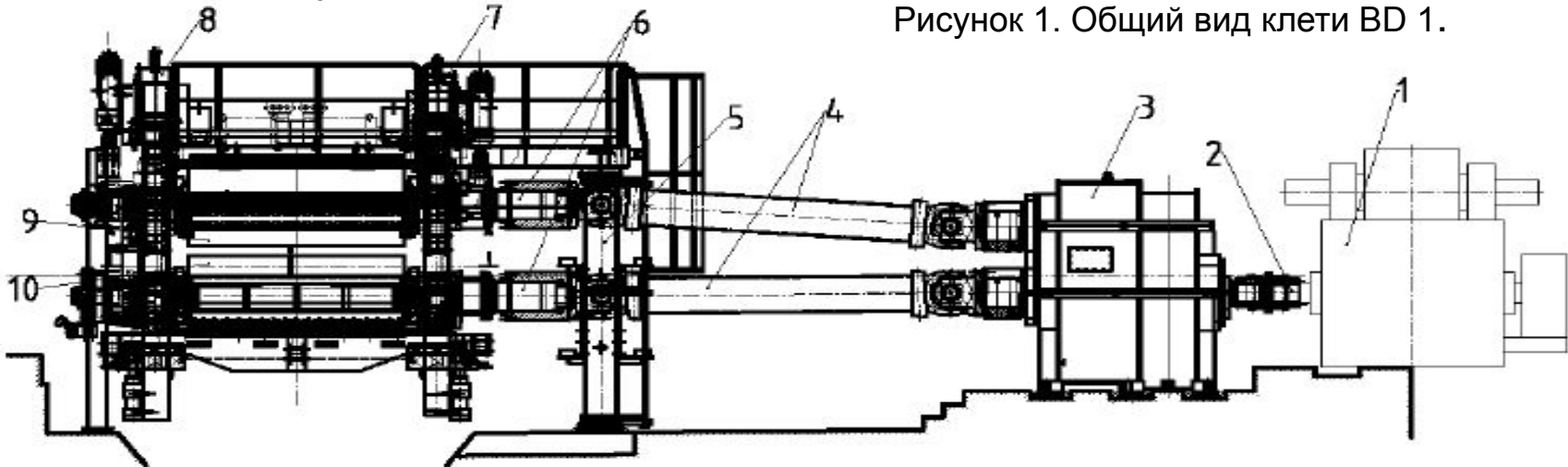
Прокатная клетка ВД1 предназначена для работы со следующими параметрами заготовки:

Ширина, мм	330
Высота, мм	300
Длина, мм	2200 – 10100
Кривизна бруса	Макс. 5мм/ по длине 2200 –

Основные функции клетки BD1

Прокатная клетка BD 1 вместе с приводным двигателем, шестеренной передачей и муфтой главного привода, рольгангами и кантователями захватного типа с устройствами перемещения, устройством перевалки валков образуют черновой стан.

Рисунок 1. Общий вид клетки BD 1.



поз.	наименование
1	двигатель
2	муфта
3	Редуктор
4	шарнирный вал
5	держатель шпинделя
6	треф
7	станина на стороне привода
8	станина на стороне обслуживания
9	верхний валок
10	нижний валок

В горизонтальных валках, как правило, нарезан ряд калибров. Для их использования прокат перемещается между пропусками посредством линейек перемещения поперек рольгангов и позиционируется перед соответствующим калибром. Если в схеме пропусков предусмотрен вертикальный обжим в черновом стане, то прокат перед и за прокатной обжимной клетью ВД между пропусками с помощью кантователя захватного типа поворачивается на 90° вокруг своей продольной оси.

Перевалка клетки происходит по выработки калибров либо при смене профиля. Для этого собранные кассеты с валками и привалковой арматурой доставляются передаточной тележкой на участок стана, где кассеты укладываются на перевалочную тележку. В процессе перевалки, старые кассеты выезжают из клетки и заменяются новыми. Процесс перевалки автоматический и практически не требует вмешательства работников.

4. Технические характеристики

Обжимная клеть ВД

длина бочки валка, мм	2 600
осевая регулировка валка (нижний валок), мм	± 5
усилие прокатки макс., кН	6 500
скорость прокатки: макс., м/сек.	5

Горизонтальные валки

макс. диаметр валков (ном.), мм	1 100
мин. диаметр валков (ном.), мм	900 (отшлифовка ок. 14 %)
макс. диаметр комплекта, мм	1 350
число оборотов валков, мин-1	0 – 80 / 160
скорость установки, мм/с	0 – 65

Приводной двигатель

мощность, кВт	4 000
число оборотов, мин.-1	0 -60 / 160

Передача

ном. приводной момент, кНм	106
момент отключения, кНм	292
$i = 6,05$	

0 – 5

• Муфта главного привода			
• тип зацепления			дуговое зубчатое зацепление
• Шпиндель главного привода			
• общая длина, мм			5 500
• угол изгиба, макс.:			
• верхний шарнирный вал, °			7
• нижний шарнирный вал, °			7
• диаметр креста шарнира, мм			700/680
• макс. момент прокатки, кНм			1 146
• момент перегрузки, кНм			1 752
• Удлиненный рольганг перед обжимной клетью BD 1.			
• Длина рольганга, м.			17
• Количество, тип роликов		12 пустотелых, Ø 310 мм x 2600 мм.	
• Шаг, мм.			1400
• Скорость рольганга, м/сек.			0 – 5
• Удлиненный рольганг за обжимной клетью BD 1.			
• Общая длина рольганга, м.			15
• Количество, тип роликов		7 пустотелых, Ø 310 мм x 2600 мм.	
•		2 пустотелых, Ø 310 мм x 2300 мм.	
•		1 пустотелый, Ø 310 мм x 2000 мм.	
•		1 пустотелый, Ø 310 мм x 1500 мм.	
• Шаг, мм.			1400
• Скорость рольганга, м/сек.			

Конструкция клетки ВD-1, расположение оборудования идентично с конструкцией клетки ВD-2.

Клетки ВD-1 и ВD-2 образуют черновую группу клеток.

Назначение стана TDM

В состав стана TDM (тандем) входят клетки UR, E и UF предназначенные для прокатки раскатов, поступающих от черновых клеток BD 1 и BD 2, в калиброванных валках с возможностью прокатки в несколько пропусков в реверсивном режиме, в зависимости от схемы калибровки.

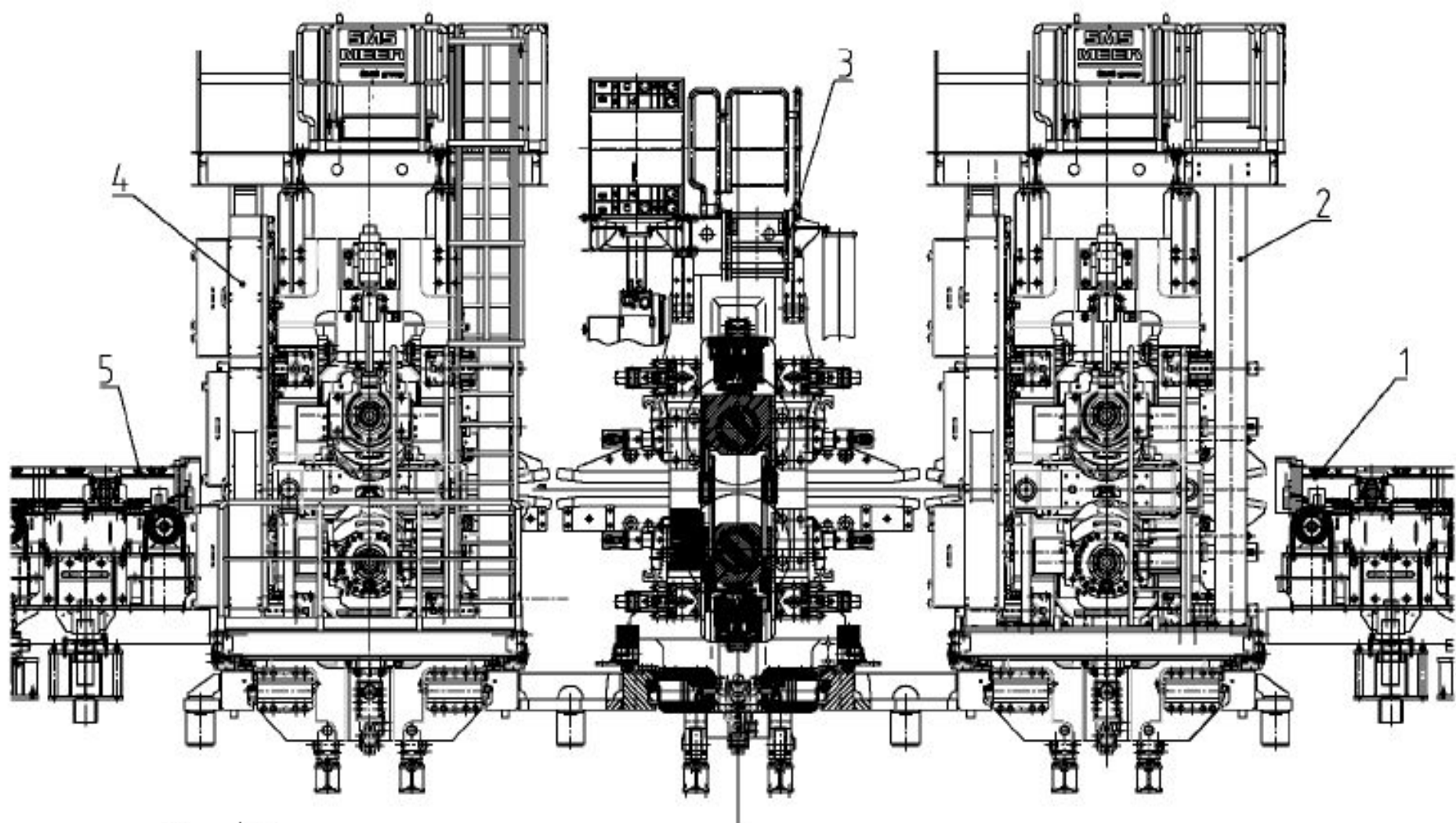
Общее описание

Прокатные клетки UR, E и UF, приводной двигатель, шестеренная передача, муфта главного привода, шпиндель главного привода и крепление шпинделя, подушки, система направляющих, холостой ролик, перевалочное устройство, площадка для подготовки комплектов валков образуют стан тандем.

Прокатные клетки UR, E и UF установлены вместе в одну группу клеток в виде линии тандем. Прокатная клетка UR является черновой клеткой группы тандем. Прокатная клетка UF является чистой или также черновой клеткой группы тандем в зависимости от схемы калибровки. Эти прокатные клетки могут работать в универсальном режиме (Universal-Modus) или в режиме DUO (DUO-Modus), т.е. без участия вертикальных валков.

Прокатная клетка E меньше клеток UR и UF и работает только как клетка DUO.

Прокатные клетки UR и UF имеют одинаковую конструкцию



Поз.	Наименование
1	Рабочий рольганг перед UR
2	Прокатная клеть UR
3	Вертикальная клеть E
4	Универсальная клеть UF
5	Рабочий рольганг за UF

Рис.: группа тандем

4. Технические характеристики

Прокатная клеть

Наименование прокатной клетки	UR, UF
Работает в режимах	универсальный / дуо
Макс. горизонтальное усилие прокатки, кН	6 000
Осевое усилие прокатки горизонтальных валков, кН	2 500
Макс. усилие прокатки вертикальных валков, кН	4 000
Макс. момент прокатки, кНм	1 058
Макс. скорость прокатки, м/сек	8
Горизонтальные валки при работе вертикальных валков	
Макс. диаметр валков, мм	1 200
Мин. диаметр валков, мм	1 040
Горизонтальные валки в режиме DUO	
Макс. диаметр валков (ном.), мм	1 200
Мин. диаметр валков (ном.), мм	920
гидравлический	

Макс. диаметр шейки валка, мм	1 330
Ширина бочки, мм	1 500
Диаметр цапфы горизонтального валка, мм	380
Путь установки гориз. валков, мм	ок. 200 / каждый валок
Макс. осевое регулирование нижнего горизонтального валка, мм	5
Скорость вращения валков, мин-1	0 – 65 / 190
Горизонтальная скорость установки валков, мм/сек	0 - 4,0
Вкладыши подушек, мм	20, 90 вверху
20, 70 внизу	

Привод установочной системы

Вертикальные валки

Ширина бочки, мм	342
Макс. диаметр валков, мм	800
Мин. диаметр валков, мм	700
Путь установки вертик. валков, мм (включая вкладыши)	ок. 400 с каждой стороны

Назначение клетки U0

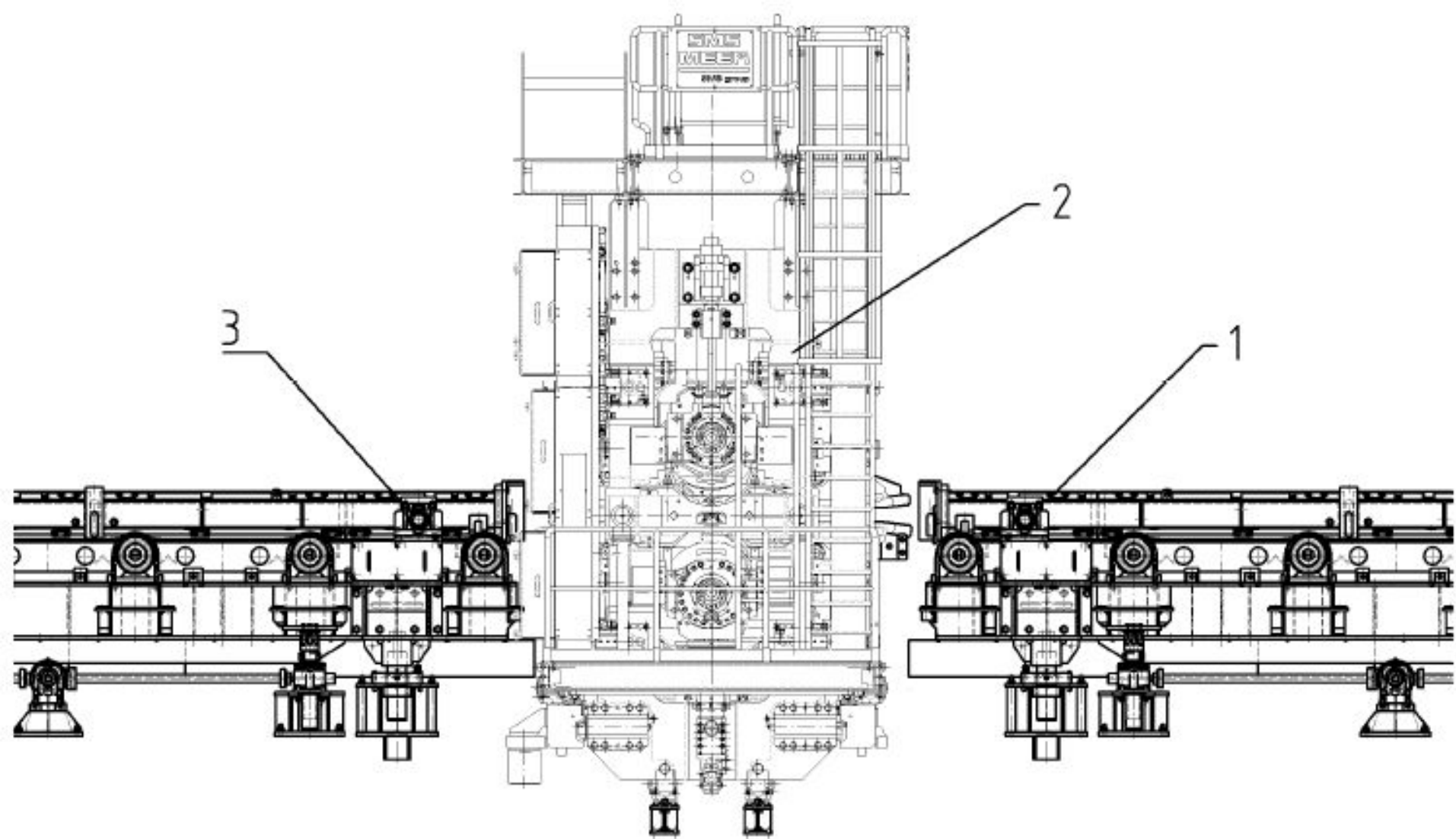
Чистовая клетка U0 предназначена для прокатки раскатов, поступающих от группы клеток стана тандем, в калиброванных валках.

Общее описание

Прокатная клетка, приводной двигатель, шестеренная передача, муфта главного привода, шпиндель главного привода и крепление шпинделя, подушки, система направляющих, перевалочное устройство, площадка для подготовки комплектов валков, рабочие рольганги с передней и задней стороны образуют чистовую клетку.

Прокатные клетки UR, UF и U0 имеют одинаковую конструкцию, но клетка U0 не может быть переналажена на режим DUO. Клетка работает только в режиме Uni.

В зависимости от потребностей, чистовая клетка U0 устанавливается за группой клеток тандем. На линии тандем ведется прокатка несколькими проходами в реверсивном режиме (в зависимости от профиля). В зависимости от требуемого состава клеток (зависит от программы проходов), в прокатке могут принимать участие эти 4 клетки активно или пассивно, с помощью задвинутой части рольганга



Поз.	Наименование
1	рабочий рольганг перед клетью U0
2	Прокатная клеть U0
5	рабочий рольганг за клетью U0

Технические характеристики

Прокатная клеть

Наименование прокатной клетки	U0
Работает в режимах	универсальный
Макс. горизонтальное усилие прокатки, кН	6 000
Осевое усилие прокатки горизонтальных валков, кН	2 500
Макс. усилие прокатки вертикальных валков, кН	4 000
Макс. момент прокатки, кНм	1 058
Макс. скорость прокатки, м/сек	8

Горизонтальные валки при работе вертикальных валков

Макс. диаметр валков, мм	1 200
Мин. диаметр валков, мм	1 040
Диаметр цапфы горизонтального валка, мм	380
Путь установки гориз. валков, мм	ок. 200 / каждый валок
Макс. осевое регулирование нижнего горизонтального валка, мм	5
Скорость вращения валков, мин-1	0 – 65 / 190
Горизонтальная скорость установки валков, мм/сек	0 - 4,0
Вкладыши подушек, мм	20, 90 вверху 20, 70 внизу

Обработка железнодорожных рельсов на участке дифференцированной закалки и отделки 100 метровых рельсов.

В отделение дифференцированной закалки рельсов должны поступать горячекатаные рельсовые раскаты длиной от 50 до 104,5 метров. Температура рельсовых раскатов, которые подвергаются термоупрочнению на установке дифференцированной закалки рельсов (ДЗР), должны иметь температуру не менее 750 °С.

После прокатки и клеймления рельсов длиной до 104,5 метров и температурой до 1000 °С в положение «на боку» транспортируют на центральный входной рольганг отделения ДЗР.

Информация об идентификаторе рельса, с помощью автоматической системы управления отражается на пульте управления установки ДЗР.

Предусмотрено три режима работы ДЗР:

- Транспортный – в этом режиме прокат движется по центральному рольгангу на отделение ДЗР, без охлаждения. Выполняется сопровождение металла в АСУ ТП ДЗР;
- Подстуживание (термоправка) – контролируемое охлаждение рельсов с низкими скоростями, проводят с целью уравнивания теплового баланса головки и подошвы рельсов и уменьшение их искривленности при дальнейшем охлаждении до температуры правки на холодильнике. Режим предназначен для проведения термоправки рельсов длиной более 25 метров, назначенных под объемную закалку или поставляемых в горячекатаном состоянии и заготавливаемых по ГОСТ Р 51685 и ТУ, разработанных на их основе.

Уставки при проведении термоправки на установке ДЗР должны находиться в следующих пределах:

- Температура начала термоправки – $(850 \pm 50)^\circ\text{C}$;
- Давление воздуха в верхних блоках сопел – (70 ± 20) мбар;
- Продолжительность охлаждения – (70 ± 20) сек;

Термоправку проводят при закрытых регулирующих клапанах подачи воздуха на нижние блоки сопел.

– Режим закалки – основной режим. В этом режиме происходит контролируемое охлаждение головки и подошвы рельсов с дифференцированными по сечению скоростями охлаждения находящимися в пределах $(2 - 6) \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{сек}$. Режим применяется обеспечения необходимых механических свойств, уменьшения кривизны и обеспечения минимальных остаточных напряжений дифференцированно термоупрочненных рельсов.

Дифференцированная термообработка включает в себя закалку головки, подстуживание подошвы рельса и последующий самоотпуск.

Для ограничения изгиба рельса при охлаждении, его позиционируют в установке, центрируют и фиксируют при помощи зажимных устройств. Положение рельса в закалочной установке определяют с помощью сканирующего датчика положения горячего металла.

После установке рельсов в закалочной зоне и достижение на поверхности катания головки температуры начала закалки верхние блоки сопел опускаются в положение закалки.

В программе реализованы возможности, как одновременного опускания всех блоков сопел, так и дифференцированного по секционному опусканию. Для совместного опускания секций необходимо объединить секции в одну группу. Основным режимом является работа с одновременным опусканием всех блоков сопел.

При самостоятельной работе секций максимальный перепад температур по длине 50-ти метрового участка рельса не должен превышать 20°C , а разница между моментом начала закалки двух соседних секций не должна превышать 15 сек.

Установки температуры и времени закалки, а также давление воздуха на блоках сопел должны находиться в следующих пределах:

- Температура начала закалки – $(820 \pm 50)^{\circ}\text{C}$;
- Давление воздуха в верхних блоках сопел – (90 ± 20) мбар;
- Давление воздуха в нижних блоках сопел – (55 ± 15) мбар;
- Продолжительность охлаждения – (90 ± 20) сек.

Минимальная фактическая температура начала закалки должна составлять не менее 750*С.

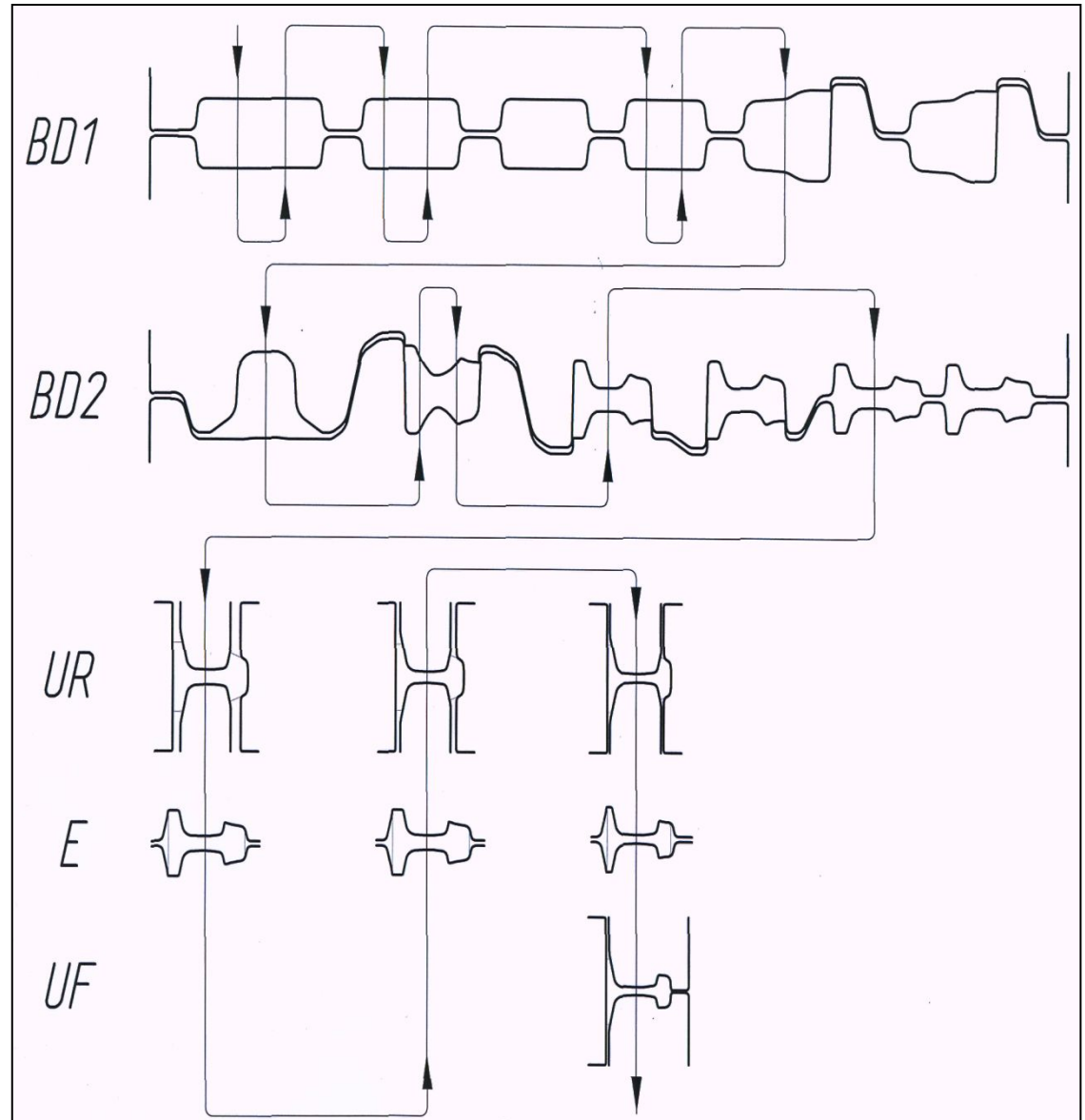
По окончании закалки рельс освобождается из зажимных устройств, передается на отводящий рольганг, кантуется в положение «на боку» и транспортируется на холодильник.

На выходе из установки ДЗР производится автоматически контроль температуры самоотпуска рельсов в проходном режиме, значения передаются в АСУ ТП в автоматическом режиме.

Контрактная калибровка

Контрактная калибровка рельсов при пуске нового рельсобалочного стана обеспечит:

- высококачественные рельсы с высокоточными допусками;
- повышенный выход годного металла;
- низкий расход валков;
- снижение риска при испытаниях и пуске стана



Несовершенства калибровки «SMS Meer»

При прокатке рельсов по контрактной калибровке часто случались аварийные остановки стана, поломки валков и выход из строя валковой арматуры.

Разбор аварийных ситуаций позволил выявить следующие:

- Невозможность осуществления стабильной прокатки на клети BD2 из-за резкого изгиба переднего конца полосы вниз в разрезном рельсовом калибре из-за значительного защемления металла в закрытых фланцах.

Результат: прокатку в калибрах осуществляли с «затравкой», и как следствие, увеличение времени прокатки в клети BD2, выработка калибров, повышенный процент отбраковки рельсов по дефекту плена.

- Сложность задачи полосы прокатанной на BD2 в первую универсальную клетку стана-тандем (UR) из-за ломаности переднего конца раската в сторону подошвы.
- Усложненная скоростная диаграмма прокатки рельсов в последнем пропуске стана-тандем (непрерывный процесс прокатки одновременно во всех трех клетях в режимах ускорения, постоянной скорости и замедления валков).

Результат: нестабильный профиль по всей длине рельса (отклонения по профилю).

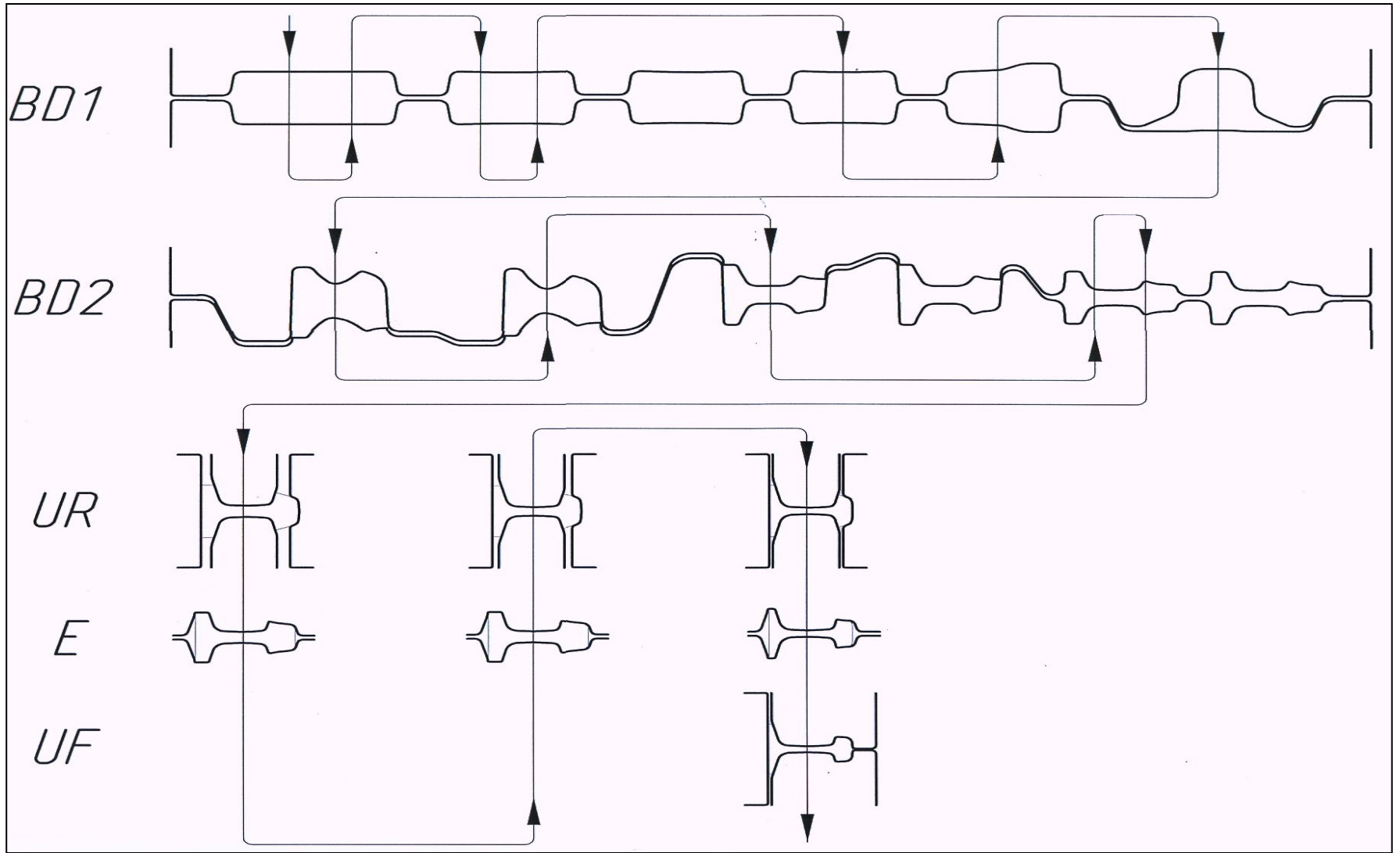
- Существенное искривление переднего конца полосы после выхода из стана-тандем из-за неравномерной вытяжки по элементам профиля в чистовом калибре UF.

Результат: трудоемкая правка концевой кривизны на участках отделки металла.

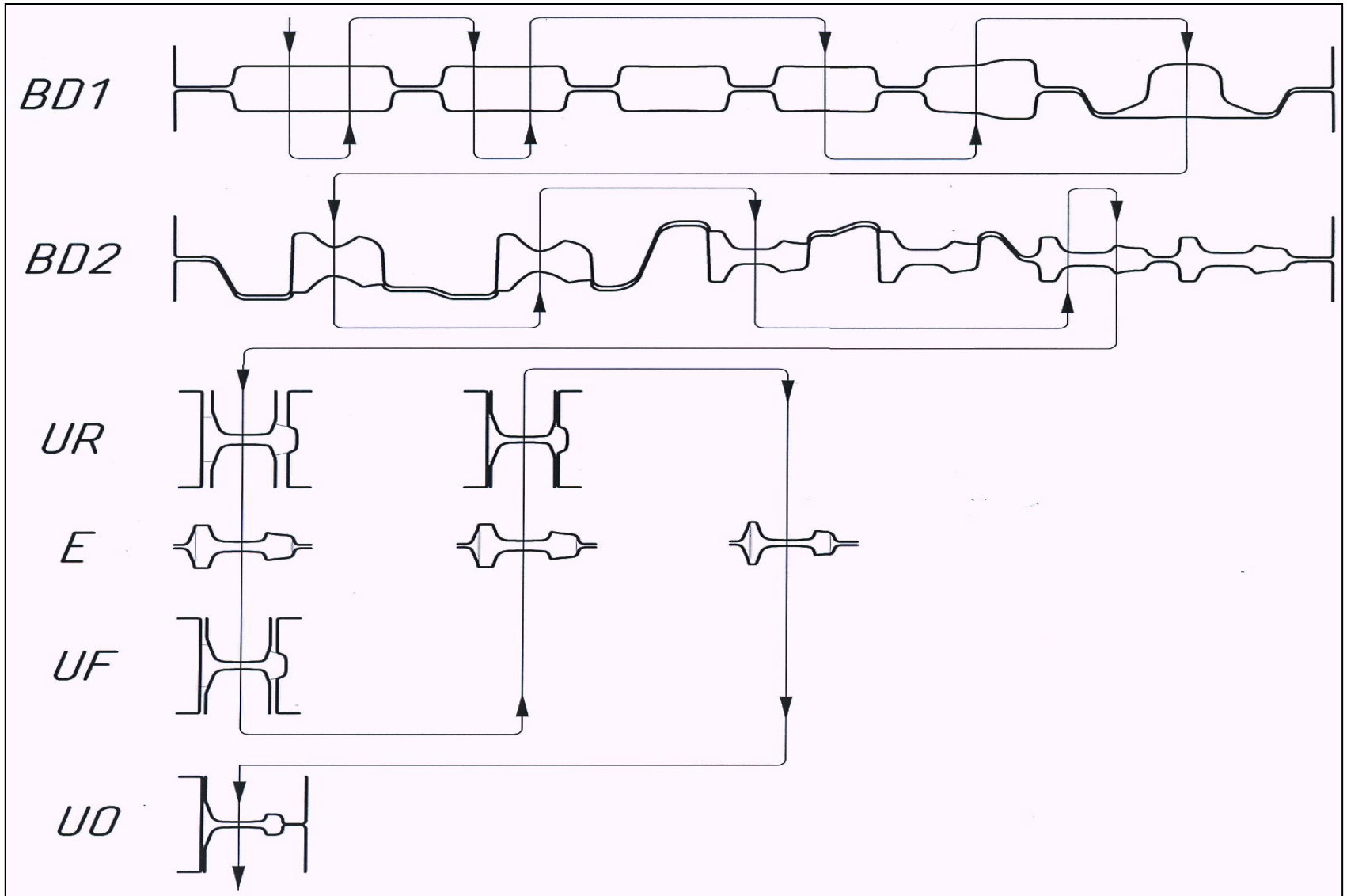
Было принято решение:

- изменить схему калибровки на клетях BD1 и BD2
- использовать схемы на стане-тандем, предусматривающую отсутствие непрерывной прокатки в последних трех калибрах. Осуществлять чистовой пропуск в клетях U0
- разработать калибровку и использовать в качестве чистового калибра четырехвалковый универсальный калибр (использование метода равенства коэффициентов вытяжки по всем элементам профиля)

Разработанная калибровка



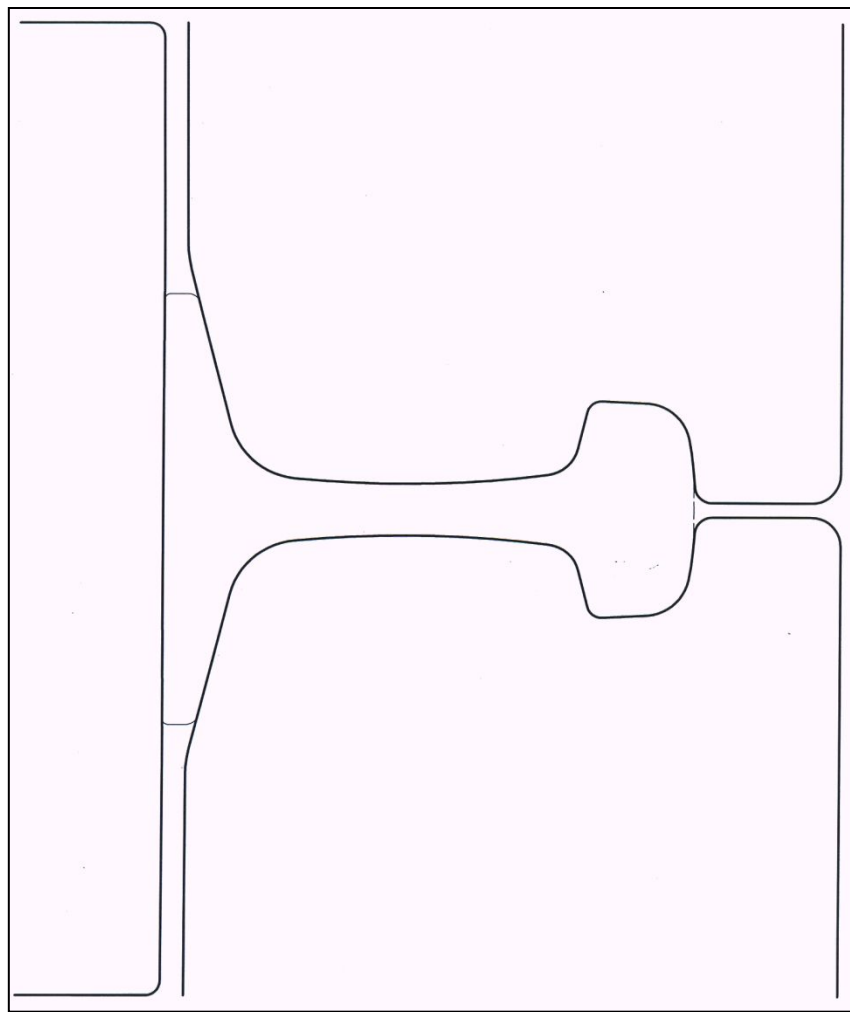
Разработанная калибровка с использованием отдельно стоящей клетки U0



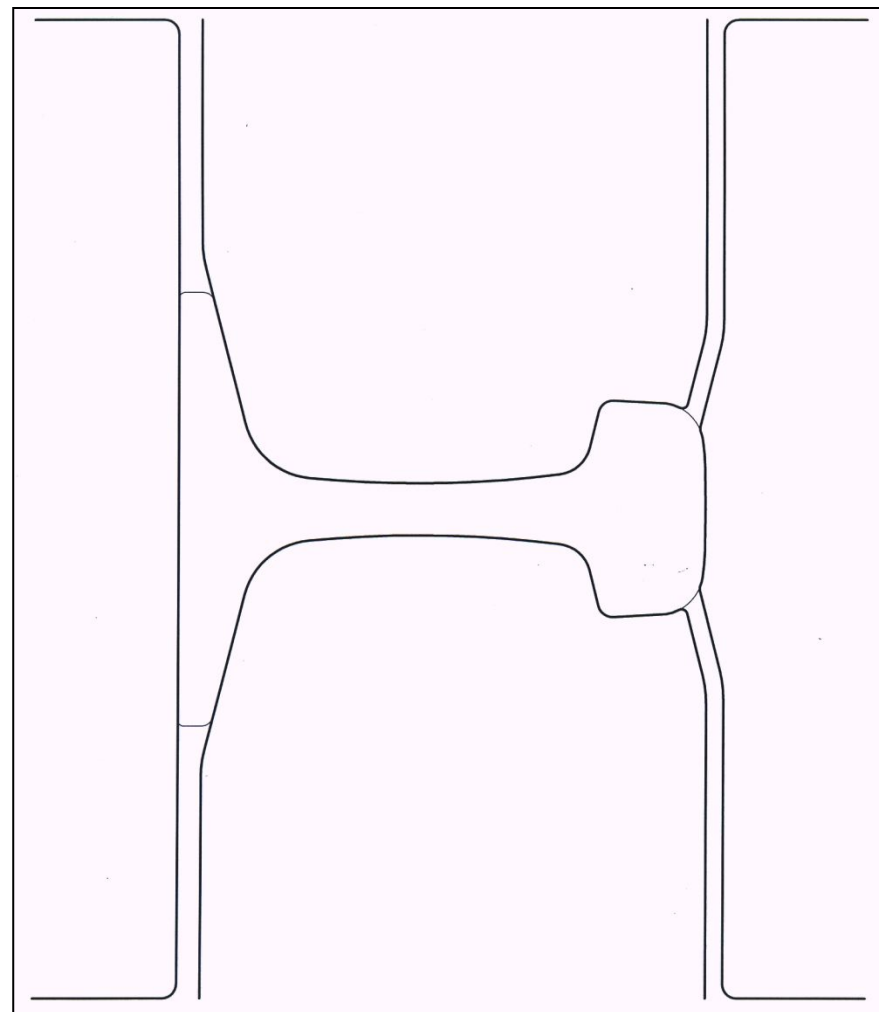
Чистовой калибр рельсов типа Р65 – перспективный, с двумя открытыми фланцами головки рельса позволит:

- снизить трудоемкость правки концов рельсов, с целью улучшения прямолинейности выхода раската

Существующий



Перспективный



Заключение

Параметры	Возможности	Ограничения
Уменьшение потерь времени	Сокращение времени на прокатку в клетки BD2 при внедрении новой калибровки.	Потери при наладке оборудования ДЗР, холодильника.
Увеличение производительности	Производство на уровне 195 т/ч.	Отказ в работе оборудования, отработка производительности холодильника, РПК «BRONX».
Уменьшение брака	Увеличение качественных показателей за счет снижения дефекта плена стана, отклонений по геометрии профиля.	Получение брака из-за отказа оборудования.

Главный вывод: предложенная контрактная калибровка «SMS Meer» для освоения P65 оказалась несовершенна.

Разработанные и готовые к внедрению решения позволят:

- обеспечить производительность стана при прокатке рельсов типа P65 на 195 т/час;
- увеличить качественные показатели за счет снижения дефекта «плена стана» (1,45%), отклонений по геометрии профиля (1,2%);
- исключить искривление переднего конца раската для улучшения задачи полосы в установки ДЗР, равномерного остывания на холодильнике и стабильной работы РПК «BRONX»