

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Администрация Правительства Кузбасса

Научно-образовательный центр мирового уровня «Кузбасс»

Сибирский государственный индустриальный университет

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО
«Металлургия – 2022»**

*Труды
XXIII Международной научно-практической конференции
23– 25 ноября 2022 г.*

Часть 1

**Новокузнецк
2022**

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ТАКТОВОЙ МОДЕЛИ РАБОТЫ УНИВЕРСАЛЬНОГО РЕЛЬСОБАЛОЧНОГО СТАНА

Головатенко А.В.², Фастыковский А.Р.¹, Мусатова А.И.¹

¹Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия, musatova-ai@yandex.ru

²АО «ЕВРАЗ ЗСМК», г. Новокузнецк, Россия

Аннотация. Проведены исследования организации производственного процесса универсального рельсобалочного стана, изучены схемы прокатки рельсов Р65. Рассмотрены технологические маршруты, схемы прокатки рельсов Р65, взаимосвязи работы оборудования по группам клетей. Предложены тактовые модели работы прокатных клетей с целью определения единого такта прокатного стана по критерию минимальных затрат времени. Разработанные модели необходимы для обоснования часовой производительности универсального рельсобалочного стана и рационального планирования объема производства.

Ключевые слова тактовая модель, универсальный рельсобалочный стан.

FEATURES OF CLOCK MODEL BUILDING IN UNIVERSAL WORK RAIL-ROLLING MILL

Golovatenko A.V.², Fastyskovskii A.R.¹, Musatova A.I.¹

¹Siberian State Industrial University,
Novokuznetsk, Russia, musatova-ai@yandex.ru

²EVRAZ ZSMK JSC, Novokuznetsk, Russia

Annotation. Studies of the organization of the production process of a universal rail-rolling mill have been carried out, the schemes of rolling rails P65 have been studied. Technological routes, schemes of rolling rails P65, interrelations of equipment operation by groups of stands are considered. Clock models of rolling stands operation are proposed in order to determine a single cycle of a rolling mill according to the criterion of minimum time spent. The developed models are necessary to substantiate the hourly productivity of a universal rail-rolling mill and rational planning of production volume.

Keywords clock model, universal rail-block mill.

В связи с повышенными требованиями мировых стандартов при железнодорожных перевозках в транспортной системе в последние годы в российской металлургии на ряде предприятий проведена коренная реконструкция рельсoproкатного производства и введены в эксплуатацию современные универсальные станы, которые предназначены для производства длинно-

мерных (до 100 м) дифференцированно закаленных железнодорожных рельсов, (спрос на которые возрос до 80–85% от всего сортамента). При производстве рельсов на универсальных рельсобалочных станах применяются современные энергосберегающие технологии [1-2].

В исследуемом рельсобалочном цехе (рисунок 1) непрерывно-литые заготовки поступают из электросталеплавильного цеха на склад, откуда подаются в методическую печь с шагающими балками, где нагреваются до необходимой температуры и далее подаются по рольгангу на участок прокатки, состоящий из последовательно расположенных шести клетей [3].

После раската передается по рольгангу либо к дисковым пилам горячей резки для раскроя его на мерные длины (в зависимости от сортамента и заказов потребителей), либо к чистовой прокатной клетю.

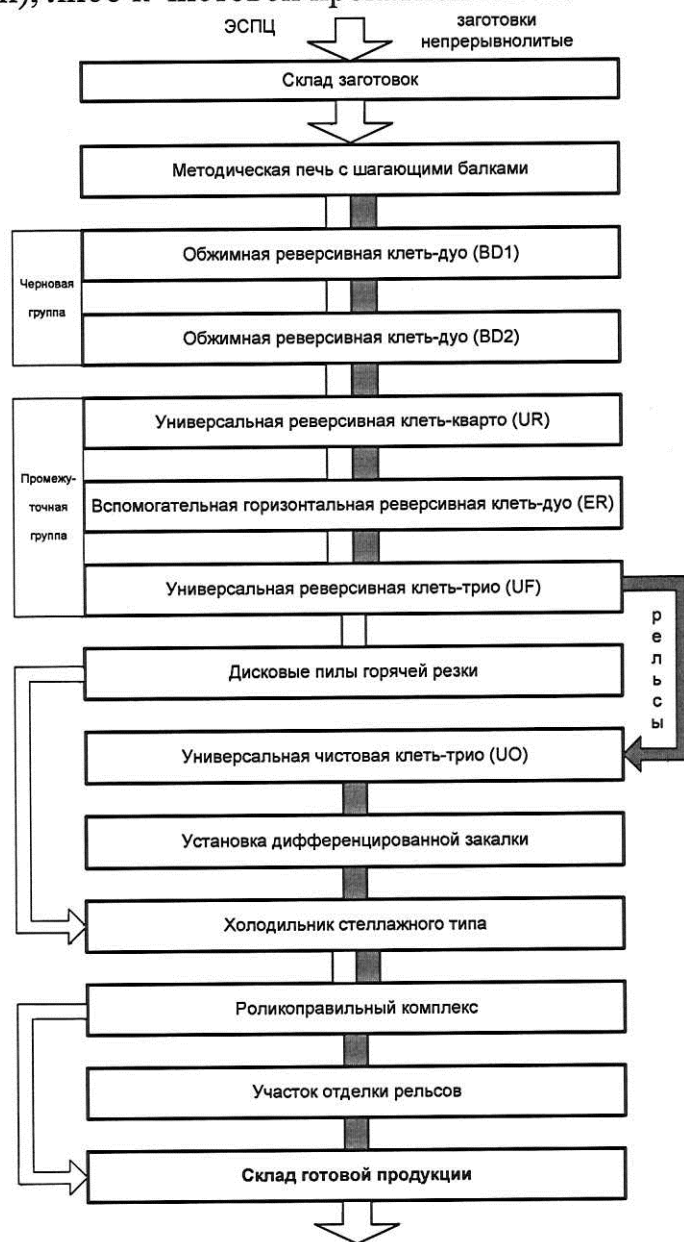


Рисунок 1 – Схема технологических маршрутов универсального рельсобалочного стана

Рельсы транспортируются на участок дифференцированной закалки для обеспечения требуемых физико-механических свойств, затем охлаждаются на холодильнике и подаются к роlikоправильной машине для правки их в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Далее рельсы поступают на участок отделки, где подвергаются контролю на наличие внутренних дефектов в установке неразрушающего ультразвукового контроля и окончательно обрабатываются на станках (фрезерование, торцевая обработка, сверление отверстий для крепления). После этого рельсы передаются на склад готовой продукции для отгрузки потребителям.

Универсальный рельсобалочный стан является ведущим в РФ производителем железнодорожных рельсов и абсолютным монополистом по производству рельсов для трамвайных путей и линий метрополитенов [4, 5].

Модель такта работы участка прокатки

Участок прокатки состоит из трех технологических линий (групп клеток), представленный на рисунке 2.

Черновая группа клеток:

- обжимная двухвалковая реверсивная клетка *BD1*, в которой исходная заготовка прямоугольного сечения прокатывается в валках за 7 пропусков;
- обжимная двухвалковая реверсивная клетка *BD2*, в которой раскат прокатывается в валках за 3–5 пропусков.

Промежуточная группа клеток, расположенных последовательно со смещением от линии прокатки, в которых раскат прокатывается в валках за 3 пропусков:

- универсальная четырехвалковая реверсивная клетка *UR*;
- вспомогательная (эджерная) двухвалковая клетка *ER*;
- универсальная трехвалковая реверсивная клетка *UF*.

Чистовая группа состоит из универсальной четырехвалковой клетки *UO*, отдельно расположенной (только для прокатки рельсов).

При моделировании работы участка прокатки учитывались технические и технологические особенности функционирования черновой и промежуточной групп клеток.

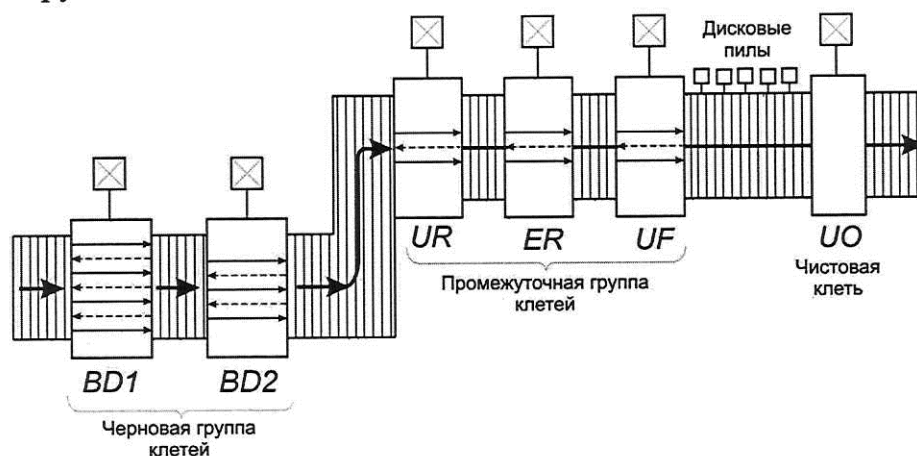


Рисунок 2 – Расположение оборудования на участке прокатки

Нагретые заготовки поочередно транспортируются по рольгангу от методической печи к обжимной реверсивной клетке *BD1*, где прокатываются в валках за нечетное количество пропусков и по рольгангу передаются ко второй обжимной реверсивной клетке *BD2*, где происходит дальнейшая прокатка раската в валках за нечетное, но меньшее количество пропусков (рисунок 3).

После прокатки в черновой группе клеток раскат подается по рольгангу от клетки *BD2* на шлепперное устройство, по которому осуществляется его передача к непрерывной промежуточной группе клеток (рисунок 2), где процесс прокатки проводится последовательно в трех клетях в реверсивном режиме за три пропуска.

Раскат сначала прокатывается в первой клетке *UR*, потом во второй клетке *ER* и в третьей клетке *UF* (или просто проходит без обработки в соответствии с калибровкой профиля). Затем в обратном направлении начинается прокатка раската второго пропуска в клетях $UF \rightarrow ER \rightarrow UR$ (или проходит без обработки две клетки *UR* и *ER*). Далее прокатка третьего пропуска продолжается последовательно во всех клетях $UR \rightarrow ER \rightarrow UF$.

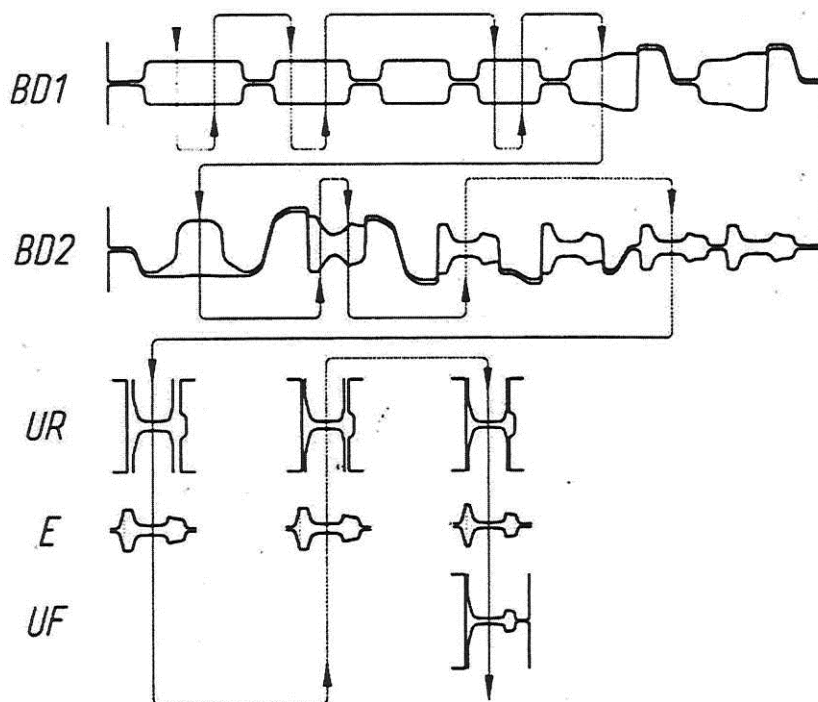


Рисунок 3 – Схема прокатки рельсов Р65 на универсальном рельсобалочном стане

Особенностью процесса прокатки раската в непрерывной группе является выполнение закона постоянства секундных объемов по клетям.

Такт работы участка прокатки выбирается из тактовых моделей работы прокатных клеток по критерию максимальных затрат времени [6-7]:

$$T_n^y = \max \{T_{i.1}; T_{i.2}; T_{i.3}\}, \text{ с,} \quad (1)$$

где $T_{i.1}$, $T_{i.2}$, $T_{i.3}$ – такты работы черновой, промежуточной и чистовой

групп клеток.

Такт работы черновой группы клеток определяется из условия

$$T_{i.1} = \max \left\{ T_{i.1}^{BD1}; T_{i.1}^{BD2} \right\}. \quad (2)$$

Структура тактовых моделей работы клеток $BD1$ и $BD2$ состоит из следующих элементов:

$$T_{i.1}^{BD1(BD2)} = \tau_0 + \sum_{i=1}^n t_i(i) + \sum_{i=1}^{n-1} t_x(i), \quad (3)$$

где τ_0 – время начальной паузы;

t_i – машинное время прокатки;

$t_x(i)$ – время пауз между пропусками; i – номер пропуска; n – количество пропусков.

При построении тактовой модели работы промежуточной группы клеток учитывалось, что один раскат одновременно обрабатывается в трех последовательно близкорасположенных клетях (UR , ER , UF), где скоростной режим прокатки осуществляется с соблюдением константы калибровки.

Такт работы промежуточной группы клеток определяется из условия (расчеты целесообразно проводить по первой клетке UR):

$$T_{i.2} = T_{i.2}^{UR} = T_{i.2}^{ER} = T_{i.2}^{UF}. \quad (4)$$

Такт работы реверсивной клетки UR включает следующие элементы:

$$T_{i.2}^{UR} = \tau_0 + \sum_{i=1}^3 t_i(i) + t_x(i). \quad (5)$$

В исследуемом универсальном рельсобалочном стане в промежуточной группе клеток раскат прокатывается за три пропуска, что соответствует одной паузе между пропусками.

Такт работы в чистовой трехвалковой клетке UO определяется по формуле:

$$T_{i.3}^{UO} = \tau_0 + t_i(i). \quad (6)$$

Результаты моделирования технически возможных и нормативных тактов работы участка прокатки определили главную клеть ($BD1$), которая соответствует выбранному такту по сортаменту продукции. Остальные участки (нагрева, порезки, термической обработки, охлаждения, правки и отделки) не сдерживают работу основного участка прокатки.

Преимущества универсального рельсобалочного стана:

- возможность производства железнодорожных рельсов длиной до 100 м;
- повышенная точность формирования рельсовых профилей и их прямолинейность обеспечивается использованием универсальных прокатных клеток, что является важнейшим фактором увеличения скорости движения

железнодорожного транспорта;

– высокая эксплуатационная стойкость рельсов характеризуется их улучшенными механическими свойствами, которые обеспечиваются посредством объемной дифференцированной термической обработкой;

– увеличение производительности стана за счет оптимизации режимов прокатки и высокой степени автоматизированного управления процессом прокатки в клетях.

Библиографический список

1. Фастыковский А.Р. Новая технология прокатки рельсов с использованием неприводных универсальных калибров / А.Р. Фастыковский, В.Н. Перетяtko // Материалы юбилейной рельсовой комиссии. – Новокузнецк: 2002. – С. 120 – 126.

2. Фастыковский А.Р. Неприводные универсальные калибры новое направление в производстве рельсов / А.Р. Фастыковский, В.Н. Перетяtko // Металлург. – 2002. – № 5. – С. 48 – 50.

3. Головатенко А.В. Ввод в эксплуатацию универсального рельсобалочного стана и освоение технологии производства рельсов на современном оборудовании в рельсобалочном цехе АО «ЕВРАЗ ЗСМК» / А.В. Головатенко, К.В. Волков, И.В. Александров, Е.П. Кузнецов // Черная металлургия. – 2014. № 6. – С. 32-38.

4. Головатенко А.В. Развитие технологии прокатки и процессов калибровки железнодорожных рельсов / А.В. Головатенко, К.В. Волков, В.В. Дорофеев, С.В. Степанов // Производство проката. 2014. № 2. – С. 25-39.

5. Головатенко А.В. Исследование энергосиловых параметров прокатки в клетях универсального рельсобалочного стана АО «ЕВРАЗ ЗСМК» с целью совершенствования режимов прокатки / А.В. Головатенко, В.Н. Кадыков, А.А. Уманский // Вестник горно-металлургической секции российской академии естественных наук. Отделение металлургии: Сборник научных трудов. 2017. Вып. 33. – С. 72-77.

6. Мусатова А.И. Оценивание производительности производственной системы на основе тактового подхода / А.И. Мусатова, В.Н. Кадыков, С.М. Кулаков // Научное обозрение. 2014. № 5. – С. 253-262.

7. Мусатова А.И. Ситуационное моделирование тактов работы и производительности термических печей сталепроволочного цеха / А.И. Мусатова, С.М. Кулаков // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве AS2017 : труды XI Всероссийской научно-практической конференции – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2017. – С. 108-114.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕПЦИИ МИКРОЛЕГИРОВАНИЯ НА НАСЛЕДСТВЕННУЮ СТРУКТУРУ В СТАЛИ 09Г2С <i>Солоницын А.Р.</i>	211
ПЕРЕРАБОТКА БЕМИТ-КАОЛИНИТОВЫХ БОКСИТОВ БИСУЛЬФАТОМ АММОНИЯ: ОСАЖДЕНИЕ ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ ИЗ РАСТВОРА АЛЮМОАММОНИЙНЫХ КВАСЦОВ <i>Валеев Д.В.</i>	215
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ФАЗОВОГО СОСТАВА ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ CoCrFeMnNi ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СОДЕРЖАНИЯ Fe И Mn <i>Панченко И.А., Гостевская А.Н., Коновалов С.В., Безродная Е.А., Бессонов Д.А.</i>	220
МЕТОДИКА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ <i>Рыбенко И.А., Конголи Ф.</i>	225
СЕКЦИЯ 2: ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА	231
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАХВАТА ПОЛОСЫ ПРИ АСИММЕТРИЧНОЙ ЛИСТОВОЙ ПРОКАТКЕ <i>Кожевников А.В., Смирнов А.С., Платонов Ю.В., Кожевникова И.А.</i>	231
ПОВЕРХНОСТНОЕ УПРОЧНЕНИЕ ТВЕРДОГО СПЛАВА ВК10КС ПОСЛЕ ДВУХКОМПОНЕНТНОГО ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ <i>Осколкова Т.Н., Фастыковский А.Р.</i>	236
ТРАНСФОРМАЦИЯ СТРУКТУРЫ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ ПРИ ДЕФОРМАЦИИ СЖАТИЕМ <i>Аксёнова К.В., Громов В.Е., Кибко Н.В., Вацук Е.С.</i>	242
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, СТРУКТУРУ И КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ В СРЕДЕ СЕРОВОДОРОДА ПРОКАТА ИЗ СТАЛИ 20 <i>Валюгин М.А., Мурсенков Е.С.</i>	248
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ АСИММЕТРИЧНОЙ ПРОКАТКИ <i>Платонов Ю.В.</i>	255
СПОСОБ РАСЧЕТА СКОРОСТИ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ «МЯГКОГО» ОБЖАТИЯ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ УСАДКИ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ОСЕВОЙ РЫХЛОСТИ <i>Кабаков З.К., Габелая Д.И., Чувев А.А.</i>	261
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДРЕССИРОВКИ ШИРОКИХ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ ТРАВЛЕННЫХ ПОЛОС <i>Антонов П.В., Парфенов Н.С., Болобанова Н.Л., Тимофеева М.А.</i>	267
ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ТАКТОВОЙ МОДЕЛИ РАБОТЫ УНИВЕРСАЛЬНОГО РЕЛЬСОБАЛОЧНОГО СТАНА <i>Головатенко А.В., Фастыковский А.Р., Мусатова А.И.</i>	272
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СОРТОВЫХ ПРОФИЛЕЙ ПРОКАТКОЙ <i>Фастыковский А.Р., Осколкова Т.Н., Вахроломеев В.А., Глухов М.И., Прудников А.Н.</i>	278
ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ СОСТОЯНИЙ И ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ ДЛИННОМЕРНЫХ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННО ЗАКАЛЕННЫХ РЕЛЬСОВ ПОСЛЕ ЭКСТРЕМАЛЬНО ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ <i>Кузнецов Р.В., Юрьев А.А., Шлярова Ю.А., Громов В.Е., Коновалов С.В., Иванов Ю.Ф.</i>	284
СИНТЕЗ КОМПЛЕКСНОЙ НОРМАТИВНОЙ МОДЕЛИ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПАРТИИ ПРОКАТНОЙ ПРОДУКЦИИ <i>Мусатова А.И., Кулаков С.М., Фастыковский А.Р.</i>	289