

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА  
РЕЛЬСОВОГО СОРТАМЕНТА****А.В. Малютина**

malyutinaanna97@yandex.ru

SPIN-код: 2346-7070

**И.В. Лёвина**

lyovinaiv@yandex.ru

SPIN-код: 3644-2422

**МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация****Аннотация**

Рассмотрены современные тенденции развития железнодорожной индустрии, связанные с увеличением скорости движения поездов, что вызывает дополнительные требования к качеству производства рельсового сортамента. Сложившаяся ситуация предполагает внедрение инновационных технологий по производству железнодорожных рельсов, длина которых достигает 100 м. Была проанализирована старая технология получения рельсовой продукции. Цель статьи — рассмотреть применение 100-метровых рельсов, что позволит обеспечить бесшумность движения электропоездов и плавность, упростит технологию, повысит безопасность. На металлургическом предприятии ОАО «ЕВРАЗ Объединенный Западносибирский металлургический комбинат» («ЕВРАЗ ЗСМК») и ОАО Челябинский металлургический комбинат («Мечел») были представлены новые способы изготовления железнодорожной клети нового поколения. Установка новых прокатных станков способствует освоению производства нового вида продукции.

**Ключевые слова**

Рельсовый сортament, рельсобалочный цех, дифференцируемо-упрочненные, блюмы, рельсовая сталь, термическая обработка, металлургия, прокат, продукция

Поступила в редакцию 19.11.2018

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018

**Введение.** По мере развития и расширения железнодорожной инфраструктуры спрос на рельсовую продукцию активно увеличивается. С каждым годом возрастают скорость подвижного состава и его масса, а следовательно, и грузонапряженность железных дорог. Рельсовый прокат должен полностью соответствовать новым требованиям. Верхнее строение пути — рельсы, скрепления, шпалы, балластный слой — представляет собой инженерную конструкцию, все элементы которой взаимосвязаны. Именно он первым принимает динамические нагрузки от колес подвижного состава. На участках с автоблокировкой рельсы являются проводниками сигнального тока, а при применении электротяги — проводниками обратного тягового тока. Для надежной работы рельсы должны быть достаточно долговечными, прочными, износоустойчивыми, твер-

дыми и в то же время нехрупкими, поскольку они воспринимают ударно-динамическую нагрузку. Вертикальная нагрузка оказывает наибольшее воздействие на рельс, поэтому рациональной формой рельса является двутавр.

Первые рельсы изготавливали в основном из чугуна. Однако по сравнению со стальными рельсами чугунные изнашиваются быстрее, поэтому сейчас во всех странах применяют только рельсы из высокопрочной углеродистой стали.

В настоящее время используются рельсы типов Р50, Р65 и Р75. Буква Р означает «рельс», а число — округленное значение массы, кг, одного погонного метра рельса.

Формирование движения на основных направлениях сети Российских железных дорог (РЖД) допускает внедрение в эксплуатацию рельсов, в которых применены инновационные методы. Для организации скоростного движения эффективнее использовать длинные рельсы, уменьшающие количество стыков на трассе.

Отметим, что ранее 100-метровый рельсовый прокат закупался за границей, в частности, в Японии и в Австрии. Все это способствовало дополнительным расходам на транспортировку, что привело крупные металлургические комбинаты к решению реализовать проект по строительству рельсобалочного цеха для производства длинномерных рельс в России.

В 2013–2014 гг. ОАО «ЕВРАЗ Объединенный Западносибирский металлургический комбинат» (ЕВРАЗ ЗСМК) и Челябинский металлургический комбинат (ОАО «Мечел») начали поставлять РЖД и московскому метрополитену 100-метровые рельсы российского производства для скоростных дорог.

**Технология производства.** Россия — одна из ведущих стран-производителей рельсов, опережающая многие европейские страны по объемам и качеству выпускаемой продукции, а также по количеству разработок и исследований в области металлургии. В Урало-Сибирском регионе расположены основные крупные предприятия по производству рельсового сортамента, реализующие новую технологию прокатки рельсов: ЕВРАЗ ЗСМК и ОАО «Мечел».

На данный момент мировая металлургия переходит от традиционного способа прокатки рельсов в двухвалковых закрытых калибрах на линейных рельсобалочных станах к новому способу, позволяющему производить длинномерные (до 150 м) дифференцированно-термоупрочненные рельсы с последующими отделочными операциями. Дифференцированно-термоупрочненные рельсы типа Р65 ДТ-350 [1], обладающие увеличенным жизненным циклом, — уникальная для России продукция. Применение таких рельсов позволяет облегчить эксплуатацию железнодорожных путей и сократить объем ремонтных работ, что в целом способствует улучшению транспортной инфраструктуры [2].

**Рельсобалочный цех.** В состав ЕВРАЗ ЗСМК входят пять цехов (обжимной, сортопрокатный, среднесортный, шаропрокатный и вальцепрокатный цеха), семь станов горячей прокатки. На площадке железнодорожного проката ЕВРАЗ ЗСМК расположен цех с двумя машинами непрерывного литья заготовок и рельсобалочный цех.

Рельсобалочный цех занимается выпуском продукции транспортного назначения — фасонные профили для вагоностроения, рельсы, а также для тракторостроения и других отраслей. Рельсобалочные станы бывают двух типов:

а) ступенчатого типа, состоящие из двух или большего числа линий (наиболее актуальны);

б) последовательно-возвратного типа;

Схема расположения оборудования рельсобалочного стана, имеющая наибольшее распространение, приведена на рис. 1. Особенность такого стана — нагревательные печи 1. Вторичный нагрев блюмов в печах позволяет задавать их в прокатку после предварительного охлаждения, осмотра и ремонта, что дает возможность вести прокатку в оптимальном температурном режиме. У таких станов в первой линии присутствует двухвалковая реверсивная клеть 2 с диаметром валков 900...950 мм и длиной бочки 2350 мм, оборудованная кантователями и манипуляторами с обеих сторон клетки (малый блюминг). Такая клеть позволяет разгрузить блюминг и применять для металлообработки блюмы увеличенного поперечного сечения (320×320 мм). В чистой двухвалковой клетке 5 применяют установку валков на подшипниках качения, что способствует повышению точности прокатки. Универсальная клеть позволяет уменьшить уклон внутренней поверхности полок до 8 % и повысить точность профиля. Производительность такого рельсобалочного стана 1,5...2,0 млн т/год [3, 4].

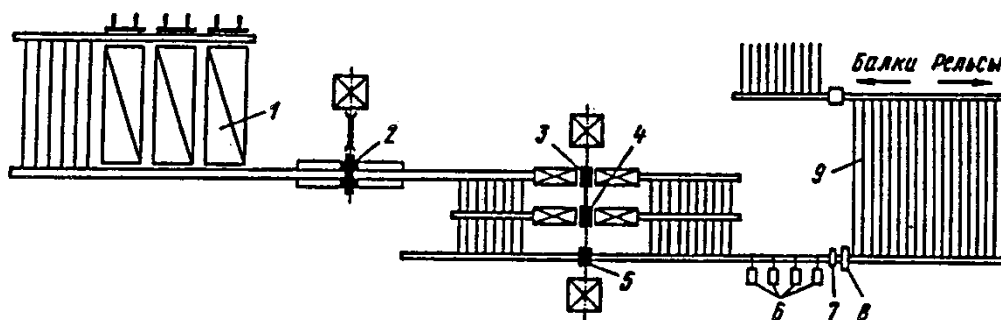


Рис. 1. Схема расположения оборудования рельсобалочного стана:

1 — нагревательные печи; 2 — обжимная клеть дуо 950; 3, 4 — черновые клетки трио 800; 5 — чистовая клеть дуо 800; 6 — пилы горячей резки; 7 — клеймовочная машина; 8 — гибочная машина; 9 — холодильник

Современный технологический процесс получения рельсового сортамента начинается с производства непрерывно-литых заготовок из стали электропечного или кислородно-конвертерного производства в комплексе с внепечной обработкой и вакуумированием. [5]. Появление в технологической схеме машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) позволило сократить путь производства заготовок прямоугольного сечения 300×360 мм.

В 2013 г. была завершена реконструкция рельсобалочного цеха ЕВРАЗ ЗСМК, позволившая изготавливать в одном цехе все виды рельсов: подкрано-

вые, трамвайные, магистральные, остряковые и рельсы для метрополитена [6]. Это первое предприятие в России, которое освоило технологию дифференцированной заковки и изготовление рельсового сортамента длиной до 100 м. Такие рельсы имеют улучшенные эксплуатационные характеристики и повышенную износостойкость.

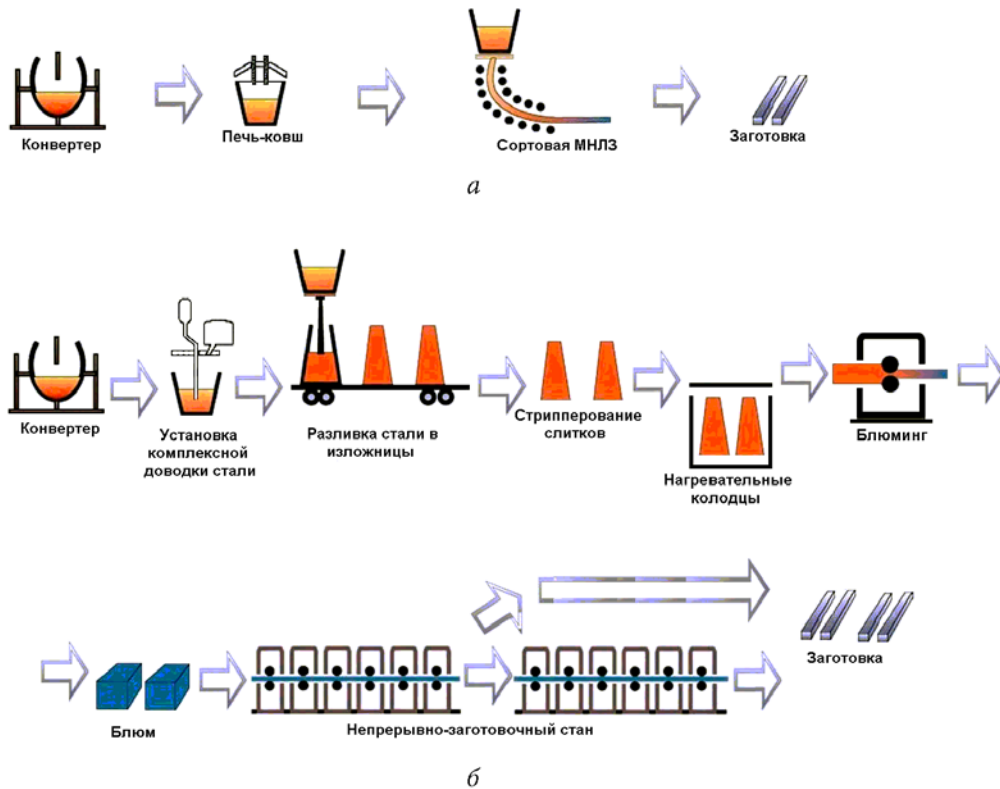
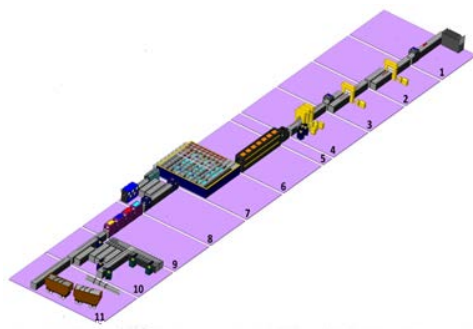


Рис. 2. Сравнение технологических схем производства сортовой заготовки с непрерывной разливкой (а) и с разливкой в слитки и последующей прокаткой (б)

Рис. 3. Схема современного рельсобалочного цеха:



1 — методическая печь; 2 — обжимная реверсивная клеть дуо; 3 — черновая реверсивная клеть дуо; 4 — непрерывная чистовая реверсивная группа клеток + пилы горячей резки; 5 — дисковый клеймитель; 6 — установка дифференцируемой заковки рельсов воздухом; 7 — участок контролируемого охлаждения; 8 — участок правки; 9 — линия контроля; 10 — участок отделки рельсов; 11 — приём и отгрузка готовой продукции

В 2012 г. на Челябинском металлургическом комбинате (ЧМК) запущена первая очередь универсального рельсобалочного стана — комплекса по изготовлению качественной стали, который работает со станом в одном производственном цикле. Основная продукция стана — новая рельсовая плеть длиной до 100 м повышенной контактной выносливости и износостойкости, низкотемпературной надежности. В 2013 г. стан был целиком введен в эксплуатацию [7]. ОАО «Мечел» становится основным поставщиком длинномерных рельсов в России. Стан также позволяет выпускать различные виды фасонной продукции. Рельсовый сортament на данном предприятии произведен благодаря использованию уникальной технологии термообработки, которая позволяет выпускать продукцию с высокими эксплуатационными свойствами. Мощность рельсобалочного стана на ЧМК составляет 1,1 млн т продукции в год. Сравнение рельсобалочной продукции старого и нового образца выполнено в таблице.

**Сравнение основных показателей новых 100-метровых рельсов ДТ-350 и прежних 25-метровых рельсов Т1 [8]**

Наименование сертификационных показателей	ДТ35, сталь Э76ХФ	Т1, сталь Э76Ф	Примечание
Твердость в шейке и подошве, НВ	Менее 352 и 363	Менее 388	Дифференцированное охлаждение
Ударная вязкость, Дж/см	15	25	Требования категории В
Содержание кислорода, %	Менее 0,002	Менее 0,004	Требования категории В

**Инновационные технологии производства рельсов.** Переход к производству плетей длиной 100 м осуществляется в два этапа:

I этап:

- закалка 25- или 100-метровых рельсов;
- холодная правка;
- сварка;
- локальная термическая обработка сварных швов;

II этап:

- холодная правка горячекатаных 100-метровых рельсов;
- сварка;
- термическая обработка плетей по всей длине.

Преимуществами новой схемы производства рельсовых плетей являются:

- получение благоприятных эпюр остаточных напряжений в головке рельсов;
- уменьшение длины мягких участков с понижением сопротивления износу и смятию в зонах сварного шва от 60 до 6 мм;
- повышение ударной вязкости, трещиностойкости и критического размера усталостных трещин.

Дифференцированно-термоупрочненные рельсы получают с помощью воздуха, который подается под высоким давлением и охлаждает подошву и головку рельса с разной интенсивностью (рис. 4). В таком случае основание получается прочным, а головка — пластичной [9]. Эта технология значительно увеличивает устойчивость к нагрузкам и срок службы полотна. Вследствие этого сокращаются расходы на эксплуатацию пути и повышается безопасность движения. Для получения требуемого структурного состояния при термической обработке рельса необходимо последовательно объемно-индукционно нагревать каждое поперечное сечение обрабатываемого рельса, включая сварные швы. Последующее охлаждение должно обеспечить мелкодисперсную структуру сорбита в поверхностном слое головки на глубине до 20 мм. Благодаря контролируемому охлаждению подошвы прямолинейность рельсов сохраняется. Также это способствует повышению экономической эффективности процесса вследствие отказа от легирования рельсовых сталей хромом.

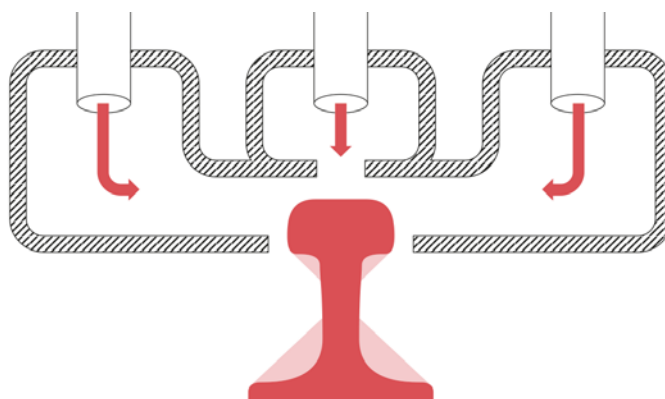


Рис. 4. Дифференцированная закалка воздухом

**Заключение.** Безусловно, железнодорожный транспорт будет развиваться с каждым годом. Как сообщают СМИ, 26 января 2018 г. металлургическая компания ЕВРАЗ предоставила Московскому метрополитену первые 100-метровые рельсы, которые будут уложены на участке Арбатско-Покровской линии [10]. В нашей стране будут реализованы такие проекты, как «Высокоскоростные магистрали», «Восточный полигон». Например, благодаря первому проекту мы сможем передвигаться на большие расстояния за минимальное время, а второй поможет сделать Россию огромным логическим центром. Одно из перспективных направлений — прокат 800-метровых рельсовых плетей с дифференцированным упрочнением. В ближайших планах также проведение исследований по улучшению механических свойств дифференцированно-термоупрочненных рельсов путем введения модифицирующих добавок, в частности, редкоземельных металлов. Такое технологическое внедрение сможет сделать путь почти «бархатным» и снизить расходы на поддержание требуемого состояния путей и подвижного состава.

### Литература

- [1] URL: <https://sdelanounas.ru/blogs/57692/> (дата обращения 16.04.2018).
- [2] Российские рельсы стали вчетверо длиннее.  
URL: <https://www.kommersant.ru/doc/2810183> (дата обращения 27.04.2018).
- [3] Типы сортовых станов. Распределение сортамента между станами.  
<https://studfiles.net/preview/5227277/page:3/> (дата обращения 06.05.2018).
- [4] Грудев А.П., Машкин Л.Ф., Ханин М.И. *Технология прокатного производства*. Москва, Металлургия, 1994, с. 175–177.
- [5] Большаков В.И., Балакин В.Ф., Носенко О.П., Григорчук И.Г. Передовые технологии при производстве сортамента проката современного рельсобалочного стана. *Вестник Приднестровской государственной академии строительства и архитектуры*, 2012, № 10 (175), с. 9–17.
- [6] Технологическая модернизация отечественного производства.  
URL: <http://www.eav.ru/publ1.php?publ1=2011-09a06> (дата обращения 17.05.2018).
- [7] «Мечел» приступил к поставке 100-метровых рельсов РЖД, раньше их поставлял только "Евраз". URL: <http://tass.ru/transport/2658762> (дата обращения 26.05.2018).
- [8] *Обзор рынка рельсов в России и странах СНГ*. Москва, Инфолайн, 2015, 125 с.
- [9] Литвинов Р.А., Стаканчиков В.В., Усков А.А. Существующие состояние и перспективы развития технологии производства рельсов на ЕВРАЗ НТМК. Молодой ученый, 2014, № 20. URL: <https://moluch.ru/archive/79/14098/>.
- [10] Evraz впервые поставил 100-метровые рельсы для московского метро.  
URL: <http://lityo.com.ua/evraz-vpervye-postavil-100-metrovyje-relsy-dlya-moskovskogo-metro> (дата обращения: 28.05.2018).

**Малютина Анна Владимировна** — студентка кафедры «Оборудование и технологии прокатки», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

**Лёвина Ирина Владимировна** — студентка кафедры «Оборудование и технологии прокатки», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

**Научный руководитель** — Миронова Мария Олеговна, ассистент кафедры «Оборудование и технологии прокатки», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

---

## INNOVATIVE PRODUCTION TECHNOLOGY OF RAIL ASSORTMENT

A.V. Malyutina

malyutinaanna97@yandex.ru

SPIN-code: 2346-7070

I.V. Levina

lyovinaiv@yandex.ru

SPIN- code: 3644-2422

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

---

### Abstract

*The article considers new trends in the development of the railway industry, associated with an increasing train speed, which causes additional requirements for the quality of rail gauge production. The current situation involves the implementation of innovative technologies for the production of railway rails, the length of which reaches 100 m. It has been analyzed the previous technology to obtain rail products. The main purpose of the article is to consider the use of 100-meter rails, which will ensure noiseless and smoothness movement of electric trains, will simplify technology and increase safety. There were presented new ways of manufacturing railway cage of a new generation at the metallurgical manufactures of JSC 'EVRAZ Consolidated West Siberian Metallurgical Plant' (JSC 'EVRAZ ZSMK') and 'Chelyabinsk Metallurgical Plant' (JSC 'Mechel'). The installation of new rolling mills favors the development of the manufacturing of a new type product.*

### Keywords

*Rail gauge, rail and beam workshop, differentiated hardened blooms, rail steel, heat treatment, metallurgy, rolling, production*

Received 19.11.2018

© Bauman Moscow State Technical University, 2018

---

### References

- [1] Available at: <https://sdelanounas.ru/blogs/57692/> (accessed 16.04.2018).
- [2] Rossiyskie rel'sy stali vchetvero dlinnee [Russian rails became four times longer]. Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/2810183> (accessed 27 April 2018).
- [3] Tipy sortovykh stanov. Raspredelenie sortamenta mezhdru stanami [Types of bar mills. Gauge distribution among rolling mills]. <https://studfiles.net/preview/5227277/page:3/> (accessed 06 May 2018).
- [4] Grudev A.P., Mashkin L.F., Khanin M.I. Tekhnologiya prokatnogo proizvodstva [Mill products technology]. Moscow, Metallurgiya publ., 1994, pp. 175–177.
- [5] Bol'shakov V.I., Balakin V.F., Nosenko O.P., Grigorchuk I.G. Advanced technologies at rolled-products range production of modern rail and structural steel mill. *Vestnik Pridneprovskoy gosudarstvennoy akademii stroitel'stva i arkhitektury* [Bulletin of Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture], 2012, no. 10 (175), pp. 9–17.
- [6] Tekhnologicheskaya modernizatsiya otechestvennogo proizvodstva [Technological modernization of public production]. Available at: <http://www.eav.ru/publ1.php?publid=2011-09a06> (accessed 17 May 2018).



- [7] "Mechel" pristupil k postavke 100-metrovykh rel'sov RZhD, ran'she ikh postavlyal tol'ko "Evraz" [Mechel began supplying of 100-meter rails to RZhD. Only Evraz supplied them before]. Available at: <http://tass.ru/transport/2658762> (accessed 26 May 2018).
- [8] Obzor rynka rel'sov v Rossii i stranakh SNG [Review on rails in Russia and GIS countries]. Moscow, Infomayn publ., 2015, 125 p.
- [9] Litvinov R.A., Stakanchikov V.V., Uskov A.A. Up-to-date state and development prospects of rails production at EVRAZ NTMK. *Molodoy uchenyy* [Young Scientist], 2014, no. 20. Available at: <https://moluch.ru/archive/79/14098/>.
- [10] Evraz v pervye postavil 100-metrovye rel'sy dlya moskovskogo metro [Evraz supplied 100-meter rails for Moscow underground for the first time]. Available at: <http://lityo.com.ua/evraz-vpervye-postavil-100-metrovye-relsy-dlya-moskovskogo-metro> (accessed: 28 May 2018).

**Malyutina A.V.** — student, Department of Rolling Equipment and Technology, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

**Levina I.V.** — student, Department of Rolling Equipment and Technology, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

**Scientific advisor** — M.O. Mironova, Assist. Professor, Department of Rolling Equipment and Technology, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.