

Из истории техники

В. Н. ТАРАСОВА, О. Н. ВОРОНИНА

ЭВОЛЮЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЛЬСАМ В РОССИЙСКОЙ ИМПЕРИИ - СССР - РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (КОНЕЦ XIX - НАЧАЛО XXI в.)

В статье рассмотрена история разработки в Российской империи - СССР - Российской Федерации стандартов, регламентирующих различные параметры рельсов: химический состав, прочностные характеристики, технологию изготовления и т. д. Среди прочего проанализированы деятельность Рельсовой комиссии при Инженерном совете Министерства путей сообщения на рубеже XIX и XX вв. и эволюция технологий упрочняющей термической обработки рельсов. Показано, как на развитие технологий производства рельсов оказывало влияние совершенствование технических средств железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: рельс, металл, технология, тип, стандарт, химический состав, конфигурация, размер, термообработка, производство.

Использование искусственных колеиных (лежневых) дорог, материалом для которых служило дерево, имеет длительную историю - они строились еще в XVI-XVII вв. на немецких и английских рудниках. В связи с прогрессом металлургии железа в начале XVIII в. появились лежневые дороги с металлическими накладками, увеличивавшими срок их службы. В первой половине XVIII в. эти накладки изготавливали из железоуглеродистого сплава. В 1767 г. были отлиты первые чугунные рельсы длиной около 1,5 м. Рельсы нового типа оказались гораздо более эффективны: так, например, сооружение в 1788 г. на Александровском Онежском заводе в Петрозаводске чугунной дороги с уголковыми рельсами позволило ускорить движение по ней с использованием конной тяги в 12 раз. В дальнейшем рельс уголкового сечения был заменен хрупким чугунным высоким рельсом, который требовал специального подвижного состава с ребордчатыми колесами. Грибовидный рельс, разработанный в 1789 г. В. Джессопом в Англии, имел головку с вертикальным ребром внизу и шейку в виде подошвы с отверстиями, через которые рельс штырями соединялся с опорами. Протяженность первой отечественной конно-чугунной дороги с выпуклыми рельсами, сооруженной в 1806-1809 гг. П. К. Фроловым на Змеиногорском руднике Колывано-Воскресенских заводов на Алтае, составляла около 2 км. Изобретение в 1820 г. Дж. Биркиншоу способа профильной прокатки железа позволило увеличить длину рельсов примерно в четыре раза ¹.

¹ Трынкова О. Н. Биография дорог: конструкции твердых дорожных покрытий // Мир транспорта. 2010. № 1. С. 177-178.

© В. Н. Тарасова, О. Н. Воронина. ВИЕТ. 2013. № 1. С. 99-114.

4*

Появление паровой тяги и интенсивное развитие паровозостроения привели к увеличению нагрузок на ось и изменили характер, условия работы рельсов и требования к ним. В 1830 г. Р. Стивенсон разработал широкоподошвенный рельс, в верхней полке двутавра которого было сосредоточено больше металла, чем в нижней полке. В двухголовом рельсе нижняя полка двутавра служила в качестве головки после того, как верхняя изнашивалась. В России двухголовые рельсы применяли во время строительства Царскосельской железной дороги. В ходе возведения Санкт-Петербургско-Московской (Николаевской) железной дороги в России был принят виньольевский тип рельсов ².

В 1870-е гг. из-за отсутствия единых стандартов в ходе строительства частных железных дорог использовались рельсы различных типов. Поэтому с целью обеспечения их большего единообразия в 1874 г. министр путей сообщения Российской империи утвердил семь типов рельсов - три железных (24, 22 и 20 фунтов/фут) и четыре стальных (21½, 20, 18½ и 17 фунтов/фут), рекомендованных Техническо-инспекторским комитетом железных дорог. Для данных типов рельсов было характерно вертикальное расположение боковых граней головки и поверхность катания в виде комбинации из трех дуг. В то же время рельсы отличались по высоте

головки, толщине шейки, площади поперечного сечения и массе одного погонного метра. Использование в 1880-е гг. двадцати четырех типов рельсов, утвержденных Варшавским сталелитейным заводом, было необходимо для сооружения и эксплуатации железных дорог с различной загруженностью. В 1890-е гг. на Рязанско-Козловскую, Варшаво-Венскую, Криворожскую (рельсы для стрелок), Варшавскую конно-железную, Московско-Рязанскую и Ярославско-Вологодскую железные дороги Обществом Брянского рельсопрокатного завода поставлялось 20 типов рельсов. Рельсы правительственных типов и типа Главного общества российских железных дорог могли использовать на всей железнодорожной сети. В дальнейшем в связи с износом рельсов возникали трудности в их замене, так как российские заводы при изготовлении даже одного типа рельса практиковали выпуск продукции с различной геометрией профиля ³.

Первые шаги в сторону унификации рельсов: деятельность Рельсовой комиссии (конец XIX - начало XX в.)

Поскольку такое разнообразие типов рельсов затрудняло техническое обслуживание и эксплуатацию железнодорожного пути, Министерством путей сообщения (МПС) был разработан план мероприятий по их унификации ⁴. В конце XIX – начале XX в. при Инженерном совете МПС была образована специальная Рельсовая комиссия во главе с действительным статским советником Л. О. Николаи, которая занималась изучением влияния химического состава рельсовой стали и условий проката болванок на качество рельсов.

² Там же. С. 178.

³ Там же. С. 179.

⁴ Трынкова О. Н. Анализ изменения геометрии поперечного профиля рельсов // Труды научно-практической конференции «Наука – транспорту 2010». М., 2010. С. 1-26.

Поскольку на их эксплуатационные характеристики большое влияние оказывают химический состав и технология выплавки, комиссией было принято решение о разработке технических условий на рельсы, которые регламентировали бы содержание в рельсовой стали основных элементов и ее прочностные характеристики.

Технические условия приема и испытаний рельсов были впервые разработаны и утверждены министром путей сообщения в 1874 г. ⁵ В 1894 г. были разработаны и утверждены «Нормальные технические условия испытания и приемки рельсов», которыми вводилось испытание стали на разрыв вместо «испытания статической усиленной нагрузкой» ⁶. В 1899 г. были приняты новые технические условия, регламентировавшие размеры рельсов, вес, клейма, «наружный вид», испытания, химический состав, ограниченный только содержанием фосфора, который явно снижал прочностные характеристики металла ⁷.

С 1899 по 1906 г. Рельсовой комиссией проведено более 30 заседаний. Для оптимизации и унификации технологических процессов изготовления рельсов комиссия запросила у заводских отделов по испытанию и освидетельствованию выпускаемых изделий основные технологические параметры. На основании противоречивых данных, полученных от металлургических заводов и железных дорог, комиссия лишь пришла к выводу о влиянии химического состава рельсовой стали на механические свойства рельсов.

Однако выявить оптимальный химический состав рельсовой стали не представлялось возможным, так как сравнивались лучшие иностранные и худшие отечественные рельсы, которые эксплуатировались на участках пути с различным климатом, интенсивностью движения и весом поездов ⁸. Были сформулированы лишь общие требования, ограничивавшие только содержание фосфора не более 0,10 %. Остальные примеси являлись допустимыми при соответствии остальных требований к рельсам. Такой подход мог привести к использованию на железных дорогах низкокачественной продукции.

По решению Рельсовой комиссии для выработки единых норм производства рельсов были проведены опросы инженеров «отделов по испытанию и освидетельствованию» заказов МПС. Для этой цели разработана анкета, включавшая восемь вопросов, на которые попросили ответить специалистов-практиков ⁹.

⁵ Чертежи типов рельс железных и стальных утвержденных г. министром путей сообщения. СПб., 1874.

⁶ Журнал Инженерного совета Министерства путей сообщения. 1899 г. № 9 // По вопросу об изменении технических условий на изготовление и приемку стальных рельсов. СПб., 1901. С. 5-7.

⁷ Там же. С. 73-81 (приложение).

⁸ Исследование рельсовой стали // Журналы комиссии, образованной при Инженерном совете для выработки новых технических условий на поставку стальных рельсов. СПб., 1906; Исследование рельсовой стали. Запросы председателя комиссии по исследованию рельсовой стали инженерам отдела по испытанию и освидетельствованию заказов Министерства путей сообщения, а также заводоуправлениям и полученные на них ответы. СПб., 1906; Совещательные съезды инженеров служб пути русских железных дорог: в 3 т. М., 2005.

⁹ Исследование рельсовой стали. Запросы председателя комиссии...

Анализ анкет показал, что качество стали (кипящая, полуспокойная или спокойная в соответствии с современной классификацией), рельсопрокатные станы и технология прокатного производства рельсоделательных заводов отличались друг от друга. Отсутствие специального полигона для проведения исследований не позволяло оперативно выбрать конфигурацию, геометрические параметры, материал, оборудование и технологии изготовления рельсов.

Проведенный Рельсовой комиссией опрос показал, что необходимо значительно сократить количество типов рельсов. Поэтому к концу XIX в. были выявлены наиболее перспективные из них, которые получили название «казенные типы рельсов»; одновременно было принято решение о сокращении номенклатуры по выпуску рельсов ¹⁰.

Разработка стандартов и технологий изготовления рельсовой стали в первой половине XX в.

Разработка стандартов химического состава рельсовой стали. Анализ условий эксплуатации различных участков железнодорожного пути показал, что на его работу оказывают большое влияние динамическое воздействие поезда и природно-климатические явления и факторы. В связи с этим Рельсовой комиссией было предложено классифицировать отдельные участки пути по категориям в зависимости от грузонапряженности, скоростям движения и виду подвижного состава, эксплуатируемого на нем.

К началу XX в. по результатам многолетней эксплуатации и по итогам работы Рельсовой комиссии конфигурация рельсов и материал, из которого их следовало изготавливать, были определены. Рельс – широкоподошвенный, с большой головкой и высокой шейкой. Материал – сталь, с необходимыми свойствами.

В 1908, 1914 и 1924 гг. ¹¹ по мере повышения качества получаемых сталей пересматривались технические условия на их химический состав и прочностные характеристики. Регламентация химического состава рельсовой стали шла в направлении повышения содержания углерода и уменьшения вредных примесей (серы и фосфора) в зависимости от способов выплавки (мартеновского, бессемеровского, томасовского), а также улучшения прочностных характеристик.

В разработанном в 1932 г. Общесоюзном стандарте (ОСТ 4118-1932) были установлены нормы содержания в рельсовой стали основных элементов и прочностная характеристика предела упругости заменена на предел прочности. В данном стандарте предъявлялись более высокие требования к качеству рельсовой стали, согласно которым могли изготавливаться рельсы первого сорта с наименьшим пределом прочности 70 кгс/мм² и рельсы второго сорта – 55 кгс/мм². В ОСТ 4118-1932 химический состав регламентировался в зависимости от способа выплавки стали (табл. 1) ¹² и по результатам испы

¹⁰ Трынкова. Анализ изменения геометрии... ¹¹ Скаков А. И. Качество железнодорожных рельсов. М., 1955. С. 128. ¹² Там же. С. 129.

Таблица 1. Химический состав рельсовой стали в процентах по ОСТ 4118-1932 для рельсов первого сорта

Элементы химического состава

Углерод, % Для рельсов весом 30–35 кг/пог. м Для рельсов весом 35–45 кг/пог. м
Марганец, % Кремний, % Сера, % Фосфор, %

Способ выплавки стали		
Мартеновский 0,48-0,61 0,50-0,65 0,60-0,90 Не менее 0,18 Не более 0,05 Не более 0,05	Бессемеровский 0,38-0,50 0,42-0,52 0,60-1,00 Не нормировалось Не более 0,06 Не более 0,08	Томасовский Не нормировалось То же » » Не более 0,05 Не более 0,07

таний на растяжение: для мартеновской стали – образцов от каждой плавки, а бессемеровской и томасовской – от каждой двенадцатой плавки; копровые испытания осуществлялись поплавно, т. е. для каждой плавки. Это было необходимо из-за нестабильности получавшегося при каждой плавке химического состава.

К моменту введения ОСТ 4118-1932 химический состав мартеновских и особенно бессемеровских рельсовых сталей не соответствовал выдвигаемым требованиям. Особенно это касалось рельсов из томасовской стали Керченского металлургического завода. Свыше 80 % плавков не удовлетворяло требованиям стандарта из-за чрезмерного содержания вредных примесей – серы и фосфора. Подавляющее большинство рельсов не удовлетворяло требованиям стандарта и по состоянию поверхности из-за большого количества плен, раковин и волосовин.

В связи с этим на период освоения стандарта часть рельсов принимали по старым техническим условиям НКПС-343 ТУ-24. Это позволило сначала освоить льготные, а затем постоянные, более жесткие нормы стандарта ОСТ 4118-1932 ¹³. К концу 1935 г. практически вся рельсовая продукция заводов стала удовлетворять требованиям нового стандарта, и льготные нормы были отменены ¹⁴. За период выпуска рельсов в соответствии с ОСТ 4118-1932 в него были внесены необходимые корректировки.

Введение этого стандарта позволило значительно улучшить качество выпускаемых рельсов ¹⁵. Например, в первой половине 1941 г. рельсы из мартеновской и бессемеровской стали, изготавливаемые на всех заводах, удовлетворяли требованиям ОСТ 4118-1932. На Кузнецком металлургическом комбинате выход рельсов первого сорта составлял около 88%, на заводах

¹³ Там же. С. 134. ¹⁴ Там же. С. 134-135. ¹⁵ Там же. С. 135-141.

Таблица 2. Развитие способов термоупрочнения рельсов
Результат (структура закаленного слоя или твердость по Бринеллю)

– Год

1903

1914-1916

Начало 1920-х гг.

Первая половина 1920-х гг.

1925

1927

1927 и дальше

1931

1933 Автор, страна

Англия

Занденберг, Швеция

Заводы НевесМейсона, Франция

Завод Максимилиан Хютте, Германия

Н. Н. Шадрин, Надеждинский металлургический завод, СССР

Н. Н. Федоренко, Завод им. Петровского, СССР

П. Ф. Казаков, Т. Я. Селезнев, Завод им. Петровского, СССР

Сибирский металлургический институт, СССР

Завод им. Петровского, СССР Вид Закалки

Объемная поверхностная

Сущность

– Способ нагрева

Прокатный нагрев

Поверхно Обрызгивание по

стная верхности катания

 головки рельса

 водой, распыляемой сжатым воздухом

 или паром

То же Периодическое по

 гружение головки в

 воду, с дальнейшим самоотпуском

» Погружение голов

 ки в проточную

 воду

» Четырехступенчатая

закалка струями

воды, с высоким самоотпуском

» Погружение головок

ки в проточную

воду, с дальнейшим самоотпуском

» Погружение головок

ки в воду

Объемная Роликовая печь Печной –

в масле нагревалась до 920- нагрев

950°C, к моменту

погружения в масло

рельс остывал до

740-780°C

ПоверхноКонцы рельсов Про –

стная погружались в закакатный

лочную ванну нагрев

То же Сорбит

закалки

» 280-350 НВ

» мартенсит

370-390 НВ

» 240-470 НВ

» –

» 190-270 НВ

Таблица 2 (окончание)

Год

1937 1940 Автор, страна

В. П. Вологдин, СССР

Сибирский металлургический институт, СССР

Вид Закалки То же Объемная в воде	Сущность Закалка концов рельсов на длине 15-20 см Нагрев в газовой печи, охлаждение водой, с помощью распылителей	Способ нагрева Нагрев ТВЧ Печной нагрев	Результат (структура закаленного слоя или твердость по Бринеллю) $h_{зак} = 5-6 \text{ мм } 300 \text{ НВ}$
------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

юга – около 85 %. Остальные 12–15 % рельсов распределялись между вторым сортом и браком приблизительно поровну.

В соответствии с ОСТ 4118-1932 допускалось наличие некоторых дефектов: ликваций, волосовин, закатов и трещин в подошве рельса глубиной до 1 мм, а для рельсов II сорта – до 3 мм, флокенов и др. Поэтому в 1943 г. А. И. Скаковым была начата работа по проектированию новых технических условий на материалы для рельсов.

Организация упрочняющей термической обработки рельсов. В первой половине XX в. все виды термической обработки сводились в основном к поверхностной закалке головки рельса, и лишь в середине века было обращено внимание на дополнительную закалку концов рельсов. Такая термическая обработка позволяла повысить вместе с механическими свойствами металла и эксплуатационные характеристики, в первую очередь износостойкость, что сокращало расход рельсовой стали и, соответственно, замену рельсов в пути по износу.

П. П. Аносов (1796–1851) и Д. К. Чернов (1839–1921), занимавшиеся исследованием прочности материала, обнаружили, что при быстром охлаждении стали с определенных температур в ней повышается прочность и твердость, что улучшает ее эксплуатационные качества. В связи с этим в различных странах начали подбирать режимы термической обработки для рельсовой стали. В зависимости от технологического процесса проведения такой термической обработки на рельсовой стали можно получить только закаленный поверхностный слой или весь объем рельса. В первой половине XX в. были разработаны различные варианты закалки, основные из которых приведены в табл. 2¹⁶.

Первые попытки термической обработки рельсов были проведены в Англии. В дальнейшем такие работы велись в Швеции, Франции, Германии и СССР.

¹⁶ Термически упрочненные рельсы / Ред. А. Ф. Золотарский. М., 1976. С. 107–155.

До середины 1930-х гг. все виды термического упрочнения проводились с прокатного нагрева (т. е. закалка непосредственно после окончания прокатки). В 1937 г. В. П. Вологдиным была осуществлена поверхностная закалка концов рельсов с использованием токов высокой частоты (ТВЧ). В дальнейшем нагрев рельсов для проведения термической обработки осуществлялся путем дополнительного специального подогрева разными методами.

Совершенствование государственных стандартов изготовления рельсов в период с 1947 г. до начала XXI в.

Начиная с послевоенного времени и до начала XXI в. отечественными и зарубежными учеными проводились исследования в области металлургии, материаловедения и термической обработки как рельсовой стали, так и самих рельсов. На основании этих работ совершенствовались стандарты на химический состав, механические свойства и геометрические параметры рельсов в направлении устранения хрупкости и хладноломкости, повышения предела прочности рельсовой стали.

Во второй половине XX в. на восстановленных после Великой Отечественной войны железных дорогах вместо паровозов начали применять более мощные тепловозы и электровозы. С помощью новых локомотивов формировались и перевозились тяжеловесные поезда повышенной длины. Одновременно увеличивались скорости движения пассажирских и грузовых поездов. Все это определяло динамику воздействия на путь и повышало его грузонапряженность.

В связи с этим во второй половине XX – начале XXI в. шло обновление железнодорожного пути и в том числе рельсов. У них изменялись химический состав, механические свойства, а также технология выплавки рельсовой стали, их прокатка и последующая термическая обработка, что в целом позволяло удовлетворить эксплуатационным требованиям, предъявляемые к рельсам.

Внедрение новой технологии производства рельсов. Начиная с 1947 г. все рельсы изготавливались только в соответствии с государственными стандартами. В начале 1948 г. было завершено создание стандарта ГОСТ 4224-48 на материалы для изготовления железнодорожных рельсов широкой колеи весом до 45 кг/пог. м. В соответствии с этим стандартом, вводимым в действие с 1949 г., в отличие от ОСТ 4118-1932 требовалось полное раскисление стали, удаление усадочной раковины и ликвационной зоны, уменьшение допускаемой глубины волосовин и закатов в подошве с 1 до 0,5 мм. Это способствовало снижению вероятности попадания на железнодорожные пути рельсов с металлургическими дефектами, опасными для эксплуатации. При этом химический состав рельсовой стали лишь немногим отличался от требований ОСТ 4118 (табл. 3¹⁷).

В соответствии с требованиями ГОСТ 4224-48 для полного раскисления стали и удаления ликвационной зоны было необходимо установить нормы содержания кремния в бессемеровской стали. Минимальный предел прочности

¹⁷ Скаков. Качество железнодорожных рельсов... С. 145.

Таблица 3. Химический состав мартеновской (М) и бессемеровской (Б) рельсовой стали для рельсов типов Ia, Iy (P43) IIa (P38) по ОСТ 4118 и ГОСТ 4224-48

Номер стандарта ОСТ 4118 (с поправками 1938 г.)	Обозначение стали М	Марка стали -	Тип рельса Ia, Iy (P43) IIa (P38)	Сорт I	Химический состав, %			
					С 0,53-0,70	Mn 0,60-0,90	Si 0,15-0,30	S P Ne более 0,05 0,050
	Б	-	То же	II	0,50-0,73	0,50-1,00	Не нормируется	0,06 0,055
				I	0,40-0,54	0,60-1,10	То же	0,06 0,080
	М	M62	Ia, Iy (P43) IIa (P38)	I	0,55-0,70	0,60-0,90	0,13-0,28	0,05 0,050
				II	0,52-0,73	0,50-1,00	0,13-0,35	0,06 0,055
ГОСТ 4224-48	Б	Б48	То же	I	0,42-0,55	0,60-1,10	0,10-0,30	0,06 0,080
				II	0,39-0,58	0,50-1,20	0,10-0,37	0,07 0,085

в мартеновских сталях был повышен с 70 до 72 кгс/мм² ¹⁸. Для раскисления и повышения качества бессемеровской стали было предложено использовать ферросилиций. Однако основной недостаток - хрупкость и хладноломкость рельсовой стали - не был устранен. Его устранение было возможно за счет повышения содержания углерода в бессемеровской рельсовой стали.

Во второй половине XX в. в СССР для улучшения качества бессемеровской рельсовой стали начали уменьшать содержание фосфора, улучшать раскисление, а азот связывать титаном. В зарубежных странах, например, в США и Англии, попытки улучшить бессемеровскую сталь были прекращены в начале XX в., и производство рельсов из бессемеровской стали прекратилось.

По свидетельству отечественных металлургов А. А. Байкова и В. Е. ГрумГржимайло, рельсы, изготовленные из бессемеровской стали, выплавленной по «старому русскому» способу бессемерования, были отличного качества. Данный

способ отличался от зарубежных аналогов тем, что продувка кислородом останавливалась на заданном уровне высокого содержания углерода ¹⁹.

¹⁸ Там же. С. 144. ¹⁹ Там же. С. 149.

Таблица 4. Химический состав рельсовой стали по ГОСТ 24182-80

Группа рельсов	Тип рельсов	Марка стали	Массовая доля, %					
			Углерода	Кремния	Ванадия	Титана	Циркония	Фосфора
I	P75, P65	M76B	0,71–0,82	0,25–0,45	0,03–0,07	–	–	Серы не более 0,045 Фосфора не более 0,035
		M76T		–	0,007–0,025	–		
		M76BT		0,01–0,02	0,005–0,025	–		
	P50	M76Ц	0,75–1,05	0,18–0,40	–	–	0,001–0,050	
		M74T			–	0,007–0,025	–	
		M74Ц			–	–	–	
II	P75, P65	M76	0,71–0,82	–	–	0,001–0,050	–	
	P50	M74	0,69–0,80	–	–	–	–	

До 1977 г. были разработаны и внедрены ГОСТы на разные типы рельсов. С 1 июля 1981 г. вступил в действие ГОСТ 24182-80, который объединил ранее действовавшие ГОСТ 8160-63, ГОСТ 6944-63, так как за основные типы рельсов были приняты железнодорожные рельсы из мартеновской стали типов P75, P65 и P50 для широкой колеи. К 1985 г. был разработан международный стандарт на рельсы для стран социалистического лагеря СТ СЭВ 4983-85 на основании созданного ГОСТ 24182-80 ²⁰.

Производились рельсы двух групп. Рельсы первой группы изготавливали из спокойной мартеновской стали, раскисленной в ковше комплексными раскислителями без применения алюминия или других раскислителей, образующих в стали вредные строчечные неметаллические включения. Второй – из спокойной мартеновской стали, раскисленной алюминием или марганец-алюминиевым сплавом. Химический состав сталей для рельсов первой и второй групп должен был соответствовать нормам, указанным в табл. 4.

Рельсы, изготовленные из стали марки M76B, содержат ванадий; из сталей марок M76T, M76MT – титан; из сталей марки M76Ц – цирконий. По ГОСТ 24182-80 допускалось производство рельсов типа P 50 из кислородно-конверторной стали, при этом в обозначении марки стали ставилась буква К вместо буквы М. Механические свойства сталей M74 и M76 для рель

²⁰ ГОСТ 24182-80. Рельсы железнодорожные широкой колеи типов P75, P65 и P50 из мартеновской стали. (СТ СЭВ 4983-85). Технические условия. Взамен ГОСТ 8160-63 и ГОСТ 6944 63. Введен с 01.07.81. М., 1981.

Таблица 5. Механические свойства сталей для рельсов ГОСТ 24182-80

сов типов P75, P65 и P50 должны были соответствовать нормам, указанным в табл. 5.

В настоящее время железнодорожные рельсы изготавливаются в соответствии с ГОСТ Р 51685-2000 ²¹. В данный стандарт по сравнению с ГОСТ 24182-80 в обозначение марки стали введена буква Э, обозначающая способ выплавки стали в электропечах. В маркировке стали буквы Ф, С, Х, Т обозначают легирующие элементы ванадий, кремний, хром и титан соответственно.

Применение упрочняющей термической обработки новых рельсов. Совершенствование нагревательных устройств и исследование процессов термической обработки стали позволили разработать технологические процессы, с помощью которых осуществляется поверхностная закалка головки рельсов:

– с прокатного нагрева;

– с повторного поверхностного нагрева газопламенными горелками;

– с повторного поверхностного нагрева токами высокой частоты;

– с повторного объемного (печного) нагрева.

Стало возможным выполнять объемную закалку по всему поперечному сечению рельса: с прокатного нагрева, с повторного объемного (печного) нагрева.

Совершенствование способов термического упрочнения рельсов в 1940– 1960-е гг. приведено в табл. 6 ²².

В связи с изменением химического состава рельсовой стали потребовалось внести уточнения в технологические процессы закалки, которые не меняли сущность процесса и значения твердости. Это стало возможным благодаря проведению научных исследований процессов структурообразования рельсовых сталей при различных режимах термической обработки. Были организованы теоретические изыскания и экспериментальное изучение процесса охлаждения различных элементов профиля рельсов при разных способах закалки ²³.

В настоящее время в России используются в основном поверхностно- и объемно-закаленные рельсы. За рубежом при термическом упрочнении рельсов как с прокатного, так и со специального, повторного, нагрева широко используют экологически чистые среды (водовоздушные смеси, сжатый

²¹ ГОСТ Р 51685-2000. Рельсы железнодорожные. Общие технические условия. Введен с 01.07.2001. М., 2001.

²² Термически упрочненные рельсы... С. 107-155.

²³ Шур Е. А. Термическая обработка рельсов // Металловедение и термическая обработка стали. Справочник в 3 т. / Ред. М. Л. Берштейн, А. Г. Рахштадт. М., 1983. Т. 3. Термическая обработка металлопродукции. С. 113-136.

Таблица 6. Совершенствование способов термоупрочнения рельсов в 1940–1960-е гг.

Год

1948- 1950

1954

1955

1956- 1959

1957- 1964

1959

1959

и дальше

Автор, страна

СССР

Япония

Омский механический завод, СССР

Кузнецкий металлургический комбинат (КМК), СССР

Нижнетагильский металлургический комбинат (НТМК), СССР

США

«Индукал Геллинге», ГДР

«Америкен-БрэкШоу», США

Результат (структура Вид

Способ закаленного Сущность закалки нагрева слоя или твердость по Бринеллю)

Поверхно

Прокатный

321-388 НВ стная

нагрев То же

Охлаждение водой Нагрев ТВЧ

сорбит, после прохождения

320-370 НВ первого индуктора (Т=830-840 °С), отпуск после

второго индуктора (Т=480-500 °С)

» Закалка остряковых и То же

– рамных рельсов

Объемная в Нагрев в трубчатой Печной

269-335 НВ масле

печи до 880-900 °С,

нагрев 25-30 мин, закалка, дальнейшее охлаждение в коробах

замедленного охлаждения до 200 °С, правка

То же Нагрев в проходной То же

320–360 НВ печи до 890–930 °С (8– 10 мин), охлаждение на воздухе до 840–860 °С, погружение в масло подошвой вниз, отпуск при 450 °С (2 час.)

ПоверхноЗакалка водой Газопламен

$h_{\text{зак}}=6$ мм стная

ный нагрев То же

Головка нагревается до Нагрев ТВЧ

сорбит 950 °С, охлаждение во
отпуска, глубдовоздушной струей до
же - сорбит 400 °С, подошва подо
закалки гревается до 500–600 °С, окончательное охлаждение -

водяной душ

» Холодной струей воздуГазопламен

– ха, смешанной со струей

ный нагрев воды

Год

1961

1962

1962

1962

1962 и дальше

1962 и дальше

1963

1965– 1966

Таблица 6 (окончание)

Результат (структура

Вид Способ закаленного
Автор, страна Сущность
закалки нагрева

слоя или твердость по Бринеллю)

«Азовсталь»,
СССР

Поверхностная Свободно лежащий на подвижном
стенде рельс перемещался под
индуктором; поверхность катания
нагревалась, охлаждалась,
проходил самоотпуск и повторное
охлаждение, закаливающая среда

Нагрев ТВЧ

Неоднородности
структуры и
твердости по
глубине
закаленной зоны,
высокие

		- конденсат 35-45° С		остаточные напряжения после правки
США	То же	Обдув рельса сжатым воздухом	Газопламенный нагрев	300-350 НВ
ФРГ	»	Охлаждение эмульсией масла в воде, отпуск за счет тепла сердцевины	То же	
США	»	Закалка непрерывно-последовательным способом сразу двух рельсов двумя индукторами (Т = 1000-1030° С), охлаждение струей сжатого воздуха, окончательное - струей воды	Нагрев ТВЧ	Сорбит, 340 НВ
США	»	Закалка изогнутого рельса перегретым до 450-500° С паром	Газопламенный нагрев	
КМК, СССР	»	Закалка концов рельсов	То же	Большой разброс значений твердости, до 75-80 НВ
США	Объемная в масле		Печной нагрев	320-380 НВ
«Азовсталь», УКРНИИМЕТ, СССР	Поверхностная	Предварительный упругий изгиб рельса, закалочная среда - водовоздушная смесь	Нагрев ТВЧ	Сорбит закалки

Таблица 7. Механические свойства закаленных рельсов

Показатель

Временное сопротивление, МПа (кгс/мм²) Преломление, МПа (кгс/мм²) Относительное удлинение, % Относительное сужение, % Ударная вязкость при 20°С, кгс·м/см²
Значение

≥ 1200 (≥ 120) ≥ 810 (≥ 81) ≥ 6 ≥ 25 ≥ 2,5

воздух, воду или полимерные среды) с последующим самоотпуском (отпуск за счет тепла неохлажденной части детали во время закалки), что позволяет получить свойства, дифференцированные по сечению рельсов ²⁴. В России разработана технология и специальная установка для термической обработки рельсов с двусторонним охлаждением, обеспечивающая лучшие показатели, по сравнению с существующими методами, по следующим параметрам:

– улучшение геометрических параметров;

–

обеспечение дифференцированного уровня свойств по сечению (твердая головка, упрочненная подошва, вязкая шейка); – повышение сопротивления контактной усталости и износу;

– повышение сопротивления усталостным разрушениям в головке и подошве за счет создания в них сжимающих остаточных напряжений ²⁵.

Рельсы, предназначенные для термической обработки, должны соответствовать требованиям, предъявляемым к рельсам первого сорта. Твердость на поверхности катания головки закаленных рельсов должна быть в пределах 321-401 НВ; твердость

шейки и подошвы рельсов – не более 388 НВ ²⁶. Макроструктура закаленного металла головки рельса должна представлять собой сорбит закалки. Механические свойства закаленных рельсов должны соответствовать следующим значениям, представленным в табл. 7 ²⁷.

Пробный отрезок рельса должен выдерживать низкотемпературные испытания на удар под копром без излома и признаков разрушения. При неудовлетворительных результатах этого испытания рельсы разрешается подвергать высокому отпуску на твердость 255–302 НВ и сдавать их как незакаленные.

Рельсы, подлежащие сварке между собой, должны быть одного типа и одинаковой группы годности. Новые и старогодные (бывшие в употреблении) рельсы длиной 25 м должны иметь не более четырех сваренных стыков, рельсы длиной 12,5 м – не более двух. Перед сваркой при износе концов рельсов с болтовыми отверстиями более 2 мм производят их обрезку на расстоянии от изношенного конца не менее 600 мм. Вырезают также дефектные места

²⁴ Галицын Г. А., Добужская А. Б., Муравьев Е. А. Технология термообработки железнодорожных рельсов и накладок при охлаждении в воде // Материалы юбилейной рельсовой комиссии 2002. Сб. докладов. Новокузнецк, 2002. С. 156-167.

²⁵ Шур Е. А., Федин В. М., Жигалкин И. Г. и др. Новый метод термической обработки рельсов с использованием двустороннего охлаждения // Материалы юбилейной рельсовой комиссии 2002. Сб. докладов. Новокузнецк, 2002. С. 149-155.

²⁶ ГОСТ Р 51685-2000. Рельсы железнодорожные...

²⁷ Генкин И. З. Сварные рельсы и стрелочные переводы. М., 2003.

рельсов. При термитной сварке рельсов допускается оставлять ранее сваренные контактным способом стыки. При этом расстояние от места обрезки до существующего (старого) сварного шва должно быть не менее 3 м. Рельсы, сваренные термитным способом, при статическом поперечном изгибе должны иметь показатели прочности и пластичности не ниже регламентированных ²⁸. Сварка производится при температуре окружающего воздуха не ниже – 5 °С.

Для скоростного движения поездов современные условия эксплуатации требуют бесстыкового пути на железобетонных шпалах. При этом стрелочные переводы должны быть выполнены на железобетонном основании, а их стыки с рельсами основного пути быть сварными. Контактная сварка в зоне стрелочных переводов не может использоваться из-за ее технологических особенностей и высокой цены оборудования. В настоящее время для этих целей используется только алюминотермитная сварка, позволяющая получить соединение с необходимой прочностью и пластичностью ²⁹.

Начиная с 1995 г. на отечественных железных дорогах было уложено и эксплуатируется более 40 тыс. стрелочных переводов на железобетонных брусках. Укладка их осуществлялась на пути первого и второго классов при выполнении усиленных (по действовавшей в те годы классификации путевых работ) капитальных и средних ремонтов пути. В настоящее время на железных дорогах ежегодно при выполнении работ по реконструкции верхнего строения или комплексной реконструкции железнодорожного пути укладывается порядка 5 тыс. стрелочных переводов на железобетонных брусках.

Улучшение химического состава и повышение прочностных характеристик рельсов проводится до настоящего времени, что, в свою очередь, требует периодической корректировки технических условий и стандартов.

Долгосрочной программой «Стратегии-2030» ³⁰ развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 г. намечено перспективное повышение основных эксплуатационных параметров движения поездов (млн т-км/км), в том числе за счет усиления прочностных характеристик рельсовой стали.

Основные эксплуатационные параметры, определяемые движением поездов по железнодорожному пути, будут постоянно возрастать. Предусмотрены два этапа развития: 2008–2015 гг. – коренная модернизация производственной базы отрасли, которая позволит снять все ограничения в пропускных и провозных способностях и обеспечить растущий спрос на грузовые и пассажирские перевозки; 2016–2030 гг. – динамичное расширение железнодорож

²⁸ Технологическая инструкция. Технология сварки рельсов алюминотермитным способом. Фирма «Снага». Словакия, 1997.

²⁹ Сварка рельсов алюминиотермитная методом промежуточного литья. Технические условия ТУ 0921-127-01124323-2005. М., 2005; Сварка рельсов алюминиотермитная методом промежуточного литья. Технические условия ТУ 0921-127-01124323-2008. М., 2008.

³⁰ Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации: С изм. и доп., внес. приказами МПС России от 03.07.2001 г. № 16, от 27.05.2002 г. № 24: Утв. Министерством путей сообщения Российской Федерации 26.05.2000 г. М., 2000; Стратегия инновационного развития ОАО «Российские железные дороги» на период до 2015 г. (Белая книга ОАО «РЖД»). М., 2010.

ной сети страны, направленное на создание инфраструктурных условий для существенного роста показателей экономики.

В результате реализации «Стратегии» по максимальному (оптимистичному) варианту к 2030 г. должно быть:

– построено более 20 тыс. км новых железнодорожных путей;

– сооружена высокоскоростная до 350 км/ч линия Санкт-Петербург–Москва, обеспечено скоростное движение (160 км/ч и выше);

– повышены среднесетевые маршрутные скорости – до 61–66 км/ч – по сравнению с 56,3 км/ч в 2006 г.; – организовано тяжеловесное движение поездов (6000–12 000 т);

– обеспечен рост (по сравнению с 2006 г.): грузооборота в 1,7 раза – до 3300 млрд т-км; пассажирооборота в 1,3 раза – до 231 млрд пасс.-км.

Прогнозируемый рост указанных показателей одновременно будет сопровождаться повышением осевых (до 250–300 кН) и погонных (до 9,5–10,5 т/м) нагрузок на железнодорожные пути, что существенно повлияет на условия их эксплуатации. В связи с этим путевому комплексу железнодорожного транспорта предстоит решать сложные проблемы дальнейшего совершенствования конструкций пути и системы его технического обслуживания.