

Анализ состояния вопроса производства железнодорожных
длинномерных рельсов

Л.А. Шестель¹, С.А. Бородихин¹, И.Л. Шестель², Д.Ж. Кадауов¹

¹Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

²Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Россия

Аннотация: В настоящей работе рассмотрены вопросы применения длинномерных железнодорожных рельсов на российских железных дорогах. Показана возможность применения различных способов сварки и выбор перспективного из них. Наиболее технологичным является электроконтактная сварка с пульсирующим оплавлением, обеспечивающая высокое качество сварных соединений, как в производственных, так и полевых условиях.

Ключевые слова: рельс длинномерный, сварка, прочность, качество, оплавление пульсирующие

В настоящее время на рельсопрокатных предприятиях Российской Федерации и стран СНГ осуществляется производство железнодорожных рельсов, стандартная длина которых составляет 12,5, 25,0, и 50,0 метров. Для укладки на внутренних нитях криволинейных участков путей используются, как правило, рельсы стандартной длины, а на прямолинейных участках и с малой кривизной железнодорожного пути нашли применение длинномерные рельсы [1].

Длинномерные безстыковые железнодорожные рельсы имеют длину от 800 метров и более. Они собираются из стандартных рельсов и соединяются между собой с помощью сварки прочными и плотными стыковыми швами [2]

Рельс – стальная балка (рис. 1), форма и размеры поперечного сечения, которого соответствуют ГОСТ Р 51685-2000 [1], укладывается на шпалах или других опорах для образования, как правило, двухниточного пути и служит для перемещения междугородного железнодорожного подвижного состава и других средств движения.

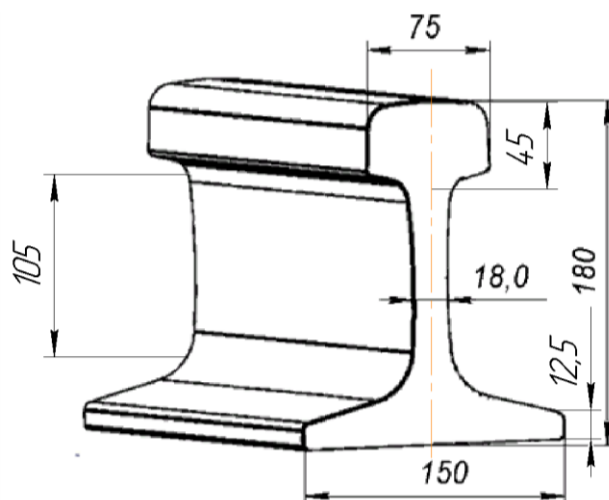


Рисунок 1 – Элемент современного железнодорожного рельса типа Р65

В состав конструкции рельса входят – головка, шейка и подошва, при этом величина сечения составляет порядка 1000 мм^2 .

Широко применяемые рельсы типа Р65 (см. рис. 1) имеет следующие размеры: Н – высота рельса равна $180,0 \text{ мм}$, h – высота шейки – $105,0 \text{ мм}$, б – ширина головки – $75,0 \text{ мм}$, В – ширина подошвы – $150,0 \text{ мм}$, е – толщина шейки – $18,0 \text{ мм}$, м – высота пера подошвы – $11,2 \text{ мм}$, S – площадь сечения составляет $826,5 \text{ мм}^2$.

Изготавливают рельсы методом непрерывного литья из стали кислородно-конвертерного или электропечного производства, подвергнутой внепечной обработке и вакуумированию. Химический состав стали соответствует: ГОСТ 22536.1, ГОСТ 22536.5, ГОСТ 22536.7 [2-4].

Рельсы, как направляющие колесных пар при движении транспортных средств, непосредственно воспринимают точечную нагрузку от них и передают давление упруго на нижележащие элементы железнодорожного полотна. Контактная поверхность головки рельса – выпуклая и служит для передачи давления колесной пары подвижного состава по центру каждого из двух рельсов.

Длинномерные рельсы изготавливаются в полевых условиях длиной 30 и более километров. При необходимости плети свариваются со стрелками и станционными путями в единое целое. Данная конструкция пути рассчитана на воздействие значительных (по сравнению со звеньевым путём) температурных напряжений, возникающих в рельсах при колебаниях температуры воздуха, так как жестко крепятся к железобетонным шпалам. Рельсовые плети собираются и свариваются из стандартных на рельсосварочных предприятиях (РСП) или непосредственно на месте укладки с помощью рельсосварочных поездов.

Для сварки длиномерных рельсов применяют дуговой ванный, термитный, газопрессовый, электроконтактный способы. Кратко охарактеризуем эти способы.

Дуговой ванный способ осуществляется с применением электрической дуги за счет теплоты, передаваемой изделию перегретым жидким металлом сварочной ванны, образующейся в стыке, заформованном по контуру свариваемых рельсов. Процесс выполняют при повышенной силе тока и начинают в нижней части стыка – подошве, расплавляя металл стыкуемых поверхностей.

При окончании процесса сварки металл сварочной ванны необходимо выводить выше контура головки рельса во избежание поверхностных дефектов при усадке жидкого металла [6].

Термитный способ или алюмо-термитная сварка (АТС) представляет собой процесс, при котором используются химические реакции горения термита, сопровождающиеся выделением тепла и получением термитной стали требуемого химического состава. Для сварки применяется термит, расфасованный определенными порциями для каждого типа рельсов [5].

Особенностью технологического процесса АТС является то, что источником тепла, необходимым для проведения процесса сварки, являются порошкообразные смеси металлов с окислами других металлов – термиты, при горении которых происходит обменная реакция по кислороду с выделением значительного количества тепла (экзотермическая реакция).

При АТС нагрев может осуществляться горелками с использованием пропан-бутановой газовой смеси, однако применение способа ограничено температурой окружающей среды, так как при температуре ниже +5 °С эффективная работа горелки практически невозможна [8].

Газопрессовый способ сварки рельсов, нашедший применение в 60-х, 70-х годах в Советском Союзе, производится путем нагрева концов рельсов газовым пламенем и осадки их при помощи сдавливания. При нагреве металл торцов рельсов доводится до пластического состояния. Нагрев ведётся контурными многопламенными горелками. Горючими газами для них служит ацетилен, пропан-бутан, природный газ и др. которые сжигаются в кислороде. Во избежание пережога металла и для обеспечения необходимой зоны разогрева горелка в процессе сварки должна колебаться в обе стороны от стыка.

Однако с 1971 г., в связи с низкими экономическими показателями, недостаточным уровнем механизации и автоматизации процесса, газопрессовая сварка рельсов не нашла применение [9].

Наиболее перспективным при производстве длинномерных рельсов является электроконтактная сварка. При этом способе сварки рельсов различают две технологические разновидности метода – сопротивлением и оплавлением. Метод сварки сопротивлением состоит в том, что во время сварки ток проходит через плотно сжатые торцы, в результате чего металл расплавляется, образуя прочное сварное соединение [12].

В последнее нашел применение способ сварки оплавлением с прерывистым подогревом. Прерывистый подогрев осуществляют либо подачей тока импульсами, либо разрывом контакта в месте сварки за счёт перемещения подвижной системы сварочной машины [7].

При прерывистом нагреве ток проходит через изделие периодически и процесс нагрева складывается из ряда циклов. В первые циклы торцы изделия нагреваются неравномерно по всему сечению и на разную глубину; При заданном повторении циклов подогрева происходит расплавление металла по всему стыку и автоматически, при достижении необходимой температуры нагрева, наступает переход к непрерывному оплавлению с последующей осадкой и выдержкой, то есть до окончания цикла сварки.

Сварка рельсов типа Р65, Р75 производят на стыковых электроконтактных машинах мощностью 450-500 кВ·А. Зарубежные сварочные машины отличаются большей мощностью (до 700 кВ·А), что позволяет повысить производительность сварки стыка. При этом энергопотребление в этих случаях остается примерно одинаковым – 4,5-5,5 кВ·ч/стык, что обусловлено идентичными характеристиками нагрева, присущими сварки прерывистым подогревом, которая отличается низким термическим и электрическим КПД.

При схеме сварки непрерывном оплавлении, в отличие от сварки рельсов оплавлением с предварительным прерывистым подогревом сопротивлением, используемый на большинстве известных рельсо-сварочных агрегатов, нагрев зоны контакта происходит без длительных коротких замыканий и последующих за ними пауз. С момента возбуждения оплавления, ток в сварочной цепи

протекает непрерывно и его величина в несколько раз ниже, чем при коротких замыканиях, что обеспечивает равномерный по площади контакта нагрев стыка.

В основе конструкции рельсосварочных машин, разработанных ИЭС им. Патона, имеется система регулирования параметров, обеспечивающим нагрев, необходимый для качественной сварки рельсов. В отличие от технологии сварки рельсов с нагревом сопротивлением метод дает некоторые преимущества, например равномерный нагрев по сечению, независимость качества сварки от рельефа стыка рельса и т.д.

Перечисленные преимущества позволили создать портативные машины для контактной сварки рельсов в полевых условиях, которые в настоящее время широко используются во всём мире.

Разработанный в ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины способ электроконтактной сварки с пульсирующим оплавлением показал эффективность за счет повышения скорости процесса оплавления контактирующих поверхностей [10].

В зависимости от установленных значений мощности качественную сварку рельсов при пульсирующем процессе нагрева можно получить при изменении длительности нагрева в широких пределах. Это дает возможность выбирать наиболее оптимальные термические циклы при сварке рельсов с разным химическим составом и их свойствами.

Отличительной способностью пульсирующего оплавления является возможность получения высококонцентрированного нагрева, в котором до высокой температуры нагреваются приконтактные слои металла при относительно узкой общей зоне нагрева. Благодаря этому качественную сварку можно получить при меньшей общей ширине зоны нагрева и величине осадки, т.к. большая часть деформации концентрируется в приконтактном слое [11].

Процесс изменения скорости оплавления во время сварки регулируется по кривой тока. В компьютерной системе задается значение скорости оплавления V и наклонной кривой значениями тока I . Меняя эти параметры, можно изменить интенсивность нагрева в зависимости от необходимого тепла, вложенного в стыкуемые поверхности рельсов изготовленных из различных марок сталей [12].

Непрерывное регулирование напряжения и скорости, поддерживающие их оптимальное соотношение в период оплавления, предшествующие осадке, обеспечивает более ровную поверхность оплавления торцов рельсов и отсутствие на ней кратеров. Благодаря этому при сварке пульсирующим оплавлением значительно меньше вероятность оплавления по линии соединения различных оксидных включений [13].

Существенное уменьшение ширины зоны разупрочнения в сварном стыке рельсов, сваренных методом пульсирующего оплавления, значительно увеличивает эксплуатационную стойкость сварных рельсов.

При сварке рельсов с повышенным содержанием легирующих элементов, применение пульсирующего оплавления позволяет получить наиболее высокие показатели механических свойств, т.к. площадь со сниженной прочностью участков стыка минимальная или совсем отсутствует [14].

Проведенный анализ вопроса производства длиномерных рельсов показал перспективность электроконтактной сварки пульсирующим оплавлением, обес-

печивающий высокое качество и эксплуатационные характеристики стыковых сварных соединений.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 51685-2000. Рельсы железнодорожные сваренные электроконтактным способом. Введ. 01–07–2001. М.: Стандартиформ, 2006. 36 с.
2. Рельсы железнодорожные, сваренные электроконтактным способом: СТО РЖД 1.08.002-2009: утв. ОАО «РЖД» 19.10.2009: ввод в действие с 01.10.2009. М.: ВНИИЖТ, 2009. 41 с.
3. Чернышов Г. Г., Рыбачук А.М., Кубарев В.Ф. О движении металла в сварочной ванне // Известия вузов. Машиностроение. 1979. № 3. С. 134–138.
4. Чуларис А. А. Технология сварки давлением [Текст]. Ростов н/Д: Изд-во Феникс, 2006. 221 с.
5. Малкин Б. В., Воробьев А. А. Термитная сварка [Текст]. М.: Изд. Министерства коммунального хозяйства РСФСР. 1963. 104 с.
6. Владимирский Т. А., Жарков А. Ф., Швылпов А. К., Газопрессовая сварка рельсов / Сварочное производство. 1960. № 8. С. 65.
7. Генкин И. З. Электроконтактная сварка рельсов. / Технический справочник железнодорожника. Путь и путевое хозяйство. М.: Трансжелдориздат. 1951. Т. 5. С. 378–390.
8. Кучук-Яценко С. И. Контактная стыковая сварка оплавлением [Текст]. Киев: Наукова думка, 1992. 236 с.
9. Гудков А. В., Николин А. И. Особенности сварки современных рельсов // Путь и путевое хозяйство. 2012. № 4. С. 9–13.
10. Кучук-Яценко С. И., Лебедев В. Х. Контактная стыковая сварка непрерывным оплавлением [Текст]. Киев: Наукова думка, 1976. 213 с.
11. Кучук-Яценко С. И., Хрящева Н. К., Шляпин В. Б. [и др.]. Процесс непрерывного оплавления при контактной сварке // Путь и путевое хозяйство. 1973. № 2. С. 9–10.
12. Пат. 46820 Украина, МПК В 23 К 11/04. Способ контактной стыковой сварки / Кучук-Яценко С. И., Дядковский А.В., Богорский М. В.; заявл. 28.07.98; опубл. 17.06.2002.
13. Гудков А. В., Николин А. И. Курс обучения специалистов-сварщиков на контактных рельсосварочных машинах [Текст]: Учебно-методическое пособие. СПб: Уч. Центр подг. и переподг. спец. свар. произ. «Профессионал». 2015. 122 с.
14. ГОСТ 18576-96. Контроль неразрушающий. Рельсы железнодорожные. Методы ультразвуковые. Введ. 01–01–2002. М.: ИПЕ Издательство стандартов, 2001. 28 с.