

ДЕФЕКТОСКОПИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ РЕЛЬСОВ

А. А. КЕБИКОВ, Е. Л. ЖАРКОВ, А. М. ВОЛЫНЕЦ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Важнейшей причиной образования повреждений в рельсах являются развивающиеся в них усталостные процессы, протекающие тем интенсивнее, чем больше грузонапряженность, нагрузки от колесных пар, динамические воздействия, чем сильнее влияние различных концентраторов напряжений. Долговечность рельсов зависит от контактных напряжений, которые действуют на сравнительно небольшой площадке, возникающей вследствие упругих деформаций колеса и рельса в зоне контакта. Необходимым условием образования контактно-усталостных дефектов является наличие не только нормальных, но и касательных напряжений, которые возникают при движении экипажей по кривым участкам пути или при виляющем движении экипажа на прямых участках пути, когда колеса гребнями прижимаются к одному из рельсов.

Высокие контактные и изгибные напряжения в сочетании с ударными силами, появляющимися из-за неровностей на рельсах и колесах, не обязательно приводят к образованию контактно-усталостных дефектов. Одной из необходимых причин образования дефектов этой группы можно считать наличие в головке рельса концентраторов напряжений. Сложные процессы, происходящие в зоне концентраторов, объясняют механизм образования контактно-усталостных дефектов.

Многочисленные исследования Л. М. Школьника, Е. А. Шура, А. В. Великанова, И. С. Баулина, Л. П. Мелентьева, В. А. Рейхарта, В. Н. Капорцева, О. И. Усковой, Л. Г. Крысанова, В. С. Лысюка, А. Ю. Абдурашитова и др. показали, что в основе механизма зарождения и развития выкрашивания металла на боковой рабочей выкружке головки лежат внутренние продольные трещины (ВПТ).

В процессе изготовления рельсов из расплавленного металла выделяются неметаллические включения. При раскислении рельсовой стали алюминием образуются включения глинозема, при прокатке вытягивающиеся в строчечные скопления длиной 0,01–0,03 м и состоящие из большого скопления единичных остроугольных частиц. От таких концентраторов под влиянием контактных напряжений в головке рельса со стороны рабочей выкружки и происходит зарождение ВПТ. Как правило, ВПТ залегают на глубине 3–9 мм и наклонены к горизонту под углом 8–45°, в зависимости от характера износа и геометрии контакта колеса и рельса. На этой начальной стадии какие-либо внешние признаки повреждения отсутствуют, а ВПТ могут быть обнаружены только путем специального ультразвукового дефектоскопирования.

При дальнейшем развитии ВПТ может повернуться или вверх, или вниз, инициируя развитие поперечных усталостных трещин. При этом на стадии образования и роста ВПТ нельзя определенно сказать, куда она будет ориентирована в дальнейшем, — это случайный фактор. Известно только, что с увеличением глубины залегания внутренней продольной трещины в головке вероятность поворота ее вниз повышается. После выхода наружу, кроме ранее равномерного по длине рельса сплыва металла на внутреннюю боковую грань головки, появляются местные увеличенные спливы, что связано с облегчением пластического течения металла над трещиной. При этом на поверхности катания образуются темные пятна из-за отсутствия контакта колес и рельсов в данном месте. Постепенно происходит увеличение темного пятна в продольном и поперечном направлениях и значительное увеличение местного сплыва на рабочую грань головки рельса, который иногда растрескивается. Далее на границах темного пятна появляются надрывы и местные выколы наклепанного металла, в результате получается выщербина.

Имеются и другие гипотезы образования контактно-усталостных повреждений рельсов. Так, в работах В. А. Кислика и А. И. Кармазина утверждается, что зарождение продольной трещины происходит на боковой поверхности рельса с последующим развитием ее внутрь головки. По мнению этих авторов, очагом зарождения контактно-усталостного дефекта является либо складка с внутренним входящим углом под наплывом на боковую грань, либо микротрещина в наиболее наклепанном участке.

Исследователи Т. М. Равицкая и Д. С. Казарновский образование неглубоких выкрашиваний на боковой рабочей выкружке головки рельса связывают с пластической деформацией верхних слоев

головки с образованием наплывов металла в сторону внутренней грани головки. Эти складки служат концентраторами напряжений, из-под которых развиваются трещины в глубь головки. Они считают, что продольные трещины, приводящие к неглубоким выкрашиваниям, могут зарождаться и внутри головки рельса на глубине 2–3,5 мм от поверхности катания.

В. Н. Данилов главной причиной появления выкрашивания считает наклеп. По его мнению, возникновение начальной трещины может произойти как с поверхности, так и из внутренних точек. Аналогичного мнения придерживается Г. Е. Андреев, который считает, что начальные трещины возникают в наклепанном слое.

В основу классификации контактно-усталостных повреждений рельсов по Д. П. Маркову положена гипотеза о том, что критерием зарождения усталостной трещины являются остаточные растягивающие напряжения, возникающие в процессе циклического контактного деформирования.

На практике наибольшее подтверждение получила теория образования контактно-усталостных повреждений от внутренних продольных трещин. Интенсивность образования выщербин на рельсах зависит от большого количества эксплуатационных факторов. Степень влияния этих факторов в каждом конкретном случае различна и, как правило, на образование дефектов влияет совокупное сочетание этих факторов, среди которых один или два могут оказать преобладающее действие. Многолетние исследования позволяют выделить ряд основных эксплуатационных факторов, к которым помимо уровня металлургического качества относятся: динамическое воздействие подвижного состава и, прежде всего, осевые нагрузки; кривизна пути и его конструкций; жесткость подрельсового основания; климатические условия.

УДК 625.42

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ПУТИ МИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

А. А. КЕБИКОВ, Д. Л. ПАСТУШЕНКО, И. В. ПАХОМОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Конструкция пути Минского метрополитена, а также метрополитенов стран СНГ принципиально не претерпела изменений практически с момента ввода в эксплуатацию первой очереди строительства Московского метрополитена – в качестве подрельсового основания используют деревянные шпалы, которые в абсолютном большинстве случаев замоноличены в путевой бетон. В отличие от перегонных тоннелей, где используют цельные деревянные шпалы, пересекающие лоток, на путях у станционных платформ применяют деревянные шпалы-коротыши. При этом лоток между рельсовыми нитями остается открытым, что создает благоприятные условия для его очистки. Кроме того, габариты лотка позволяют укрыться человеку, случайно упавшему с платформы в момент приближения поезда. Пересечение же лотка шпалами в перегонных тоннелях существенно усложняет работы по очистке лотковой зоны и замене подрельсового основания (бригада из пяти человек в течение одного ночного технологического «окна» заменяет одну шпалу).

По мнению специалистов, существующая конструкция пути с деревянными шпалами, замоноличенными в путевой бетон, относится к разряду неремонтопригодных. Попытки полной механизации работ по замене шпал также не увенчались успехом. Одновременно с этим следует отметить низкий срок службы деревянных шпал, который ограничивается 20 годами.

В Минском метрополитене с вышеуказанной конструкцией пути наибольшее распространение получило раздельное скрепление типа «Метро». Такая конструкция пути отличается повышенными затратами при текущем содержании, главным образом из-за излома шурупов. Оставшуюся в шпале стержневую часть шурупа практически невозможно извлечь. Металлическую подкладку в таких случаях смещают на новое место, осуществляя при этом вывинчивание оставшихся шурупов, сверля отверстия и повторную установку шурупов. Кроме того, типовая конструкция пути отличается повышенным уровнем шума и вибраций от проходящих поездов.

Нередки для метрополитена и случаи возгорания деревянных шпал, что свидетельствует о несоответствии их в полной мере противопожарным требованиям. Из-за усушки древесины также происходят отслоения шпал от путевого бетона. Прикрепляемые к шпалам кронштейны контактного