

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА РЕЛЬСОВ НА ПОВЕРХНОСТИ КАТАНИЯ

Досліджено стан матеріалу на поверхні катання рейок, які експлуатуються в умовах метрополітену.

Исследовано состояние материала на поверхности катания рельсов, эксплуатирующихся в условиях метрополитена.

The conditions of the material on the rolling surface of rails, maintained in the underground conditions, are investigated.

Проблема обеспечения требуемой эксплуатационной долговечности системы колесо-рельс и особенно главного ее элемента – рельса является одной из самых злободневных для железнодорожного транспорта во всех странах мира. Известно огромное количество литературы, посвященной ее обсуждению с разных позиций [1–6] и мн. др.; систематически проводятся специальные международные научно-технические конференции. И хотя общими усилиями достигнуты впечатляющие успехи в разрешении многих задач, сама проблема как была, так и остается: выход, например, рельсов из строя – это бич современного железнодорожного транспорта.

Действующими нормативными документами по текущему содержанию пути в условиях метрополитенов рекомендуется: независимо от того, есть или нет дефекты в рельсах типа Р50, они должны заменяться сплошь после пропуска 300 млн т в прямых и кривых радиусом более 600 м; 210 млн т – в кривых радиусом 600...301 м.

За 20 лет эксплуатации первой линии Минского метрополитена по рельсам первого участка пропущено более 338 млн т, а за 18 лет на втором участке – более 317 млн т. Таким образом, по всей первой линии пропущен сверхнормативный тоннаж, и все рельсы должны были заменены новыми.

Для продления существующих нормативов срока службы рельсов в прямых и кривых участках Минского метрополитена был выполнен комплекс исследований. Особое внимание было уделено изучению состояния материала поверхностных слоев головки нетермоупрочненных рельсов типа Р50 после пропуска нормативного тоннажа в сравнении с состоянием до эксплуатации. Кроме того, проанализировано изменение свойств в процессе эксплуатации.

Объектами для исследований служили три отрезка рельсов:

- не бывший в эксплуатации (исходное состояние);
- вырезанный из прямого участка пути, после эксплуатации, в течение которой пропущен нормативный тоннаж 300 млн т;
- вырезанный из кривого участка пути радиусом 500 м, после эксплуатации, в течение которой пропущен нормативный тоннаж 210 млн т.

Было выполнено исследование твердости по Виккерсу (HV) по поверхности катания и по боковой поверхности головки рельса. Схема измерения твердости представлена на рис. 1.

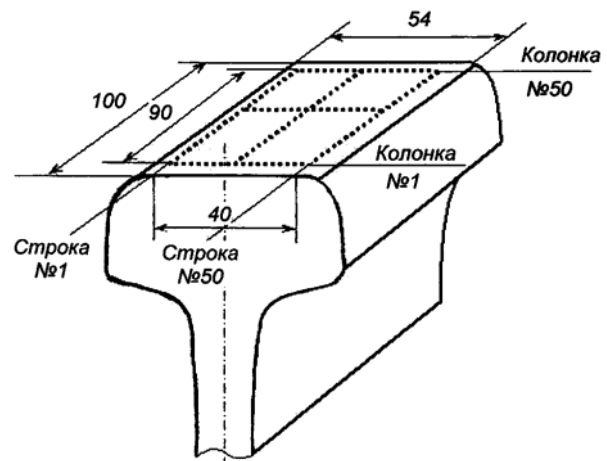


Рис. 1. Схема измерения твердости на поверхности катания головки рельса

Систематизация и обобщение статистических данных для поверхности катания рельса из прямого участка выполнены на рис. 2.

Обнаруживаются четыре (I, II, III, IV) характерные зоны деформирования головки рельса на ее поверхности катания.

В зоне I твердость достигает наибольших значений порядка 500...600 HV и (редко) более.

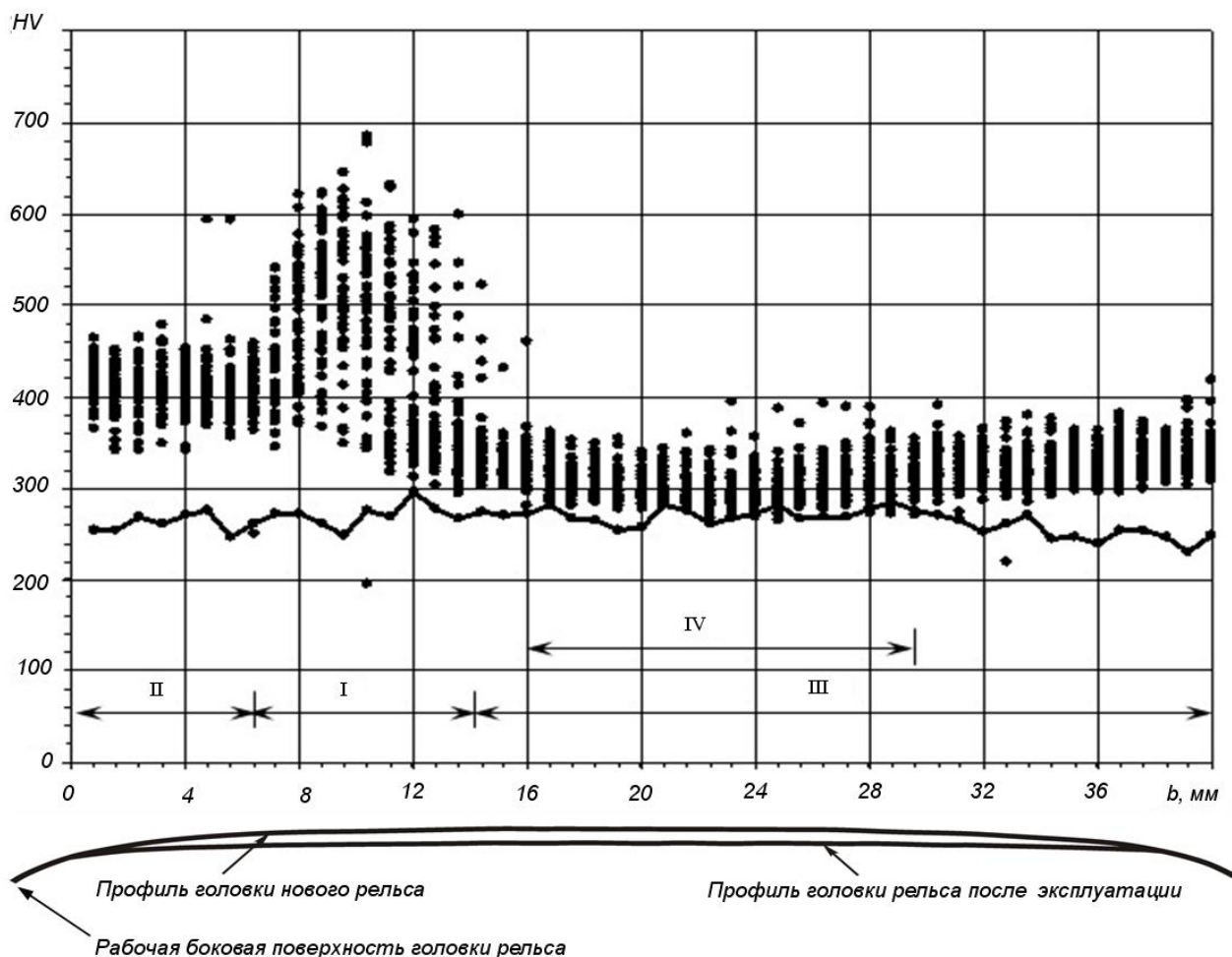


Рис. 2. Обобщенное распределение твердости по поверхности катания головки рельса из прямого участка, пропустившего нормативный тоннаж, и твердость до эксплуатации (ломаная линия)

Эта зона неравномерна по ширине головки катания и периодична по ее длине, другими словами, она – нестационарна. Поскольку твердость исходного материала не превышает 300 HV, то имеет место более чем двукратный рост твердости. Такое повышение твердости означает сильное упрочнение пластической деформацией тонкого поверхностного слоя. Но в результате большой остаточной деформации развиваются и процессы разупрочнения – она предвестник охрупчивания и разрушения материала. Понятно, что именно в зоне I следует ожидать в будущем образования ямок выкрашивания и интенсивного износа отслаиванием.

В зоне II твердость достигает значений порядка 450...460 HV и (редко) несколько выше, это примерно на 25 % ниже, чем в зоне I. Это тоже зона интенсивного остаточного деформирования, но ясно, что здесь можно говорить больше об упрочнении, чем разупрочнении пластической деформацией.

В зоне III твердость не превышает значений 400 HV; но в среднем она составляет

340...350 HV, т. е. немногим больше (примерно на 25...30 %) исходной твердости. Это, конечно, зона, где эксплуатационные повреждения в обозримом будущем не предвидятся.

Внутри зоны III обнаруживается зона IV, твердость в которой наименьшая. Это почти «здоровая» область деформирования, свойства материала здесь изменились незначительно (и притом, безусловно, улучшились).

Для рельса, вырезанного из кривого участка, твердость исследовалась как на поверхности катания, так и на боковой поверхности скольжения головки рельса. Обобщение статистических данных выполнено на рис. 3.

На поверхности катания головки рельса из кривого участка твердость распределена практически равномерно в интервале 300...400 HV. Легко заметить, что интервал распределения твердости близок тому, который наблюдается в зоне III для поверхности катания головки рельса из прямого участка (см. рис. 2). Кроме того, выделяется зона, в которой твердость наименьшая – зона IV.

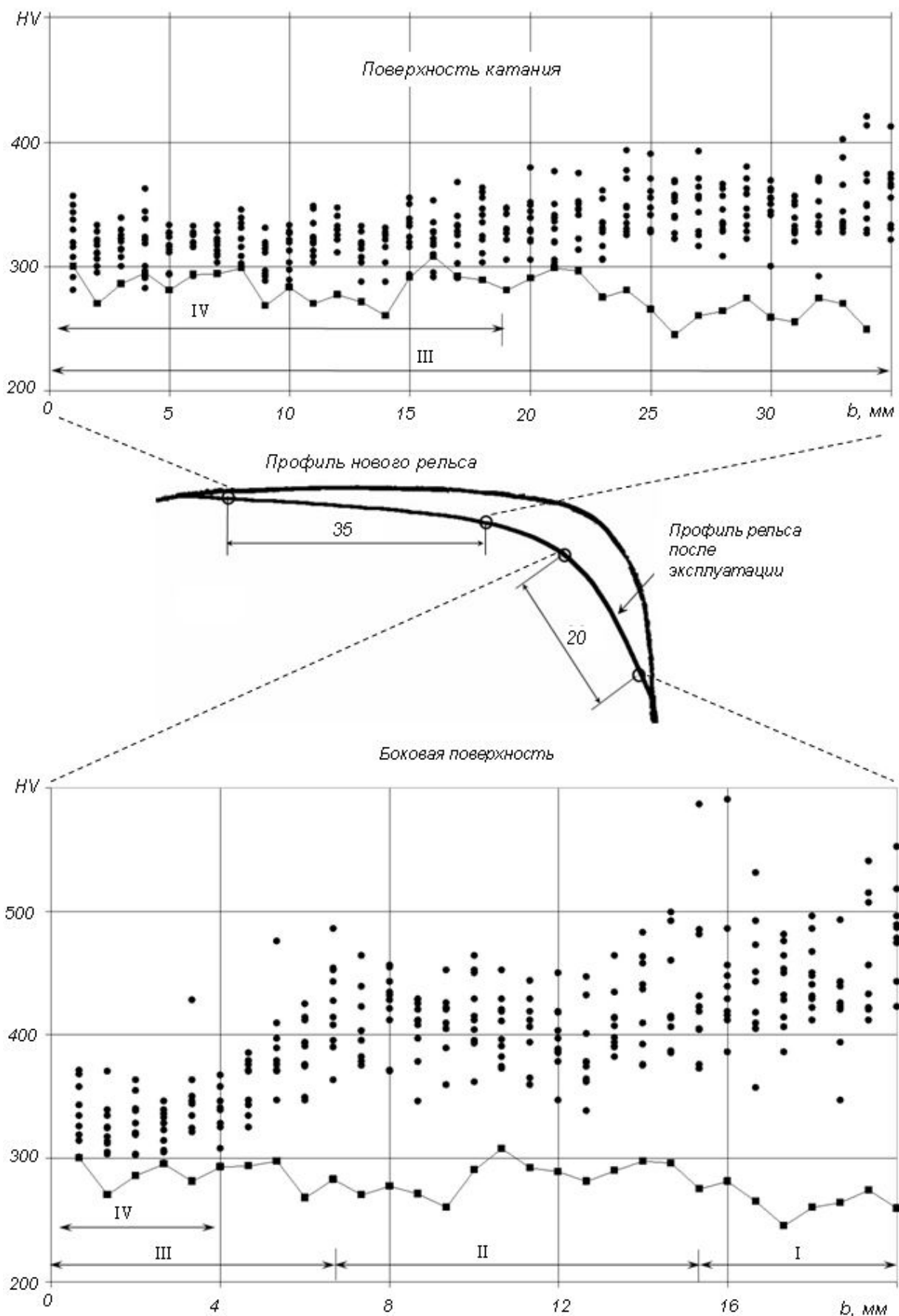


Рис. 3. Обобщенное распределение твердости по рабочим поверхностям головки рельса из кривого участка, пропустившего нормативный тоннаж, и твердость до эксплуатации (ломаная линия)

На боковой поверхности головки рельса закономерность иная: рассеяние твердости достигает 200 единиц, при этом наибольшая твердость (475...520 HV) обнаруживается в районе скольжения реборды колеса по рельсу. По величине твердости этот участок соответствует I зоне. Подобным образом выделяются: зона II с твердостью до 475 HV и зона III с твердостью

до 400 HV. Режим скольжения оказывается «тяжелее», чем режим качения с проскальзыванием – таково заключение.

Таким образом, на рабочих поверхностях головок рельсов, эксплуатировавшихся в различных условиях, обнаружены сходные зоны деформирования. Их параметры приводятся в таблице.

Таблица

Изменение твердости в характерных зонах поверхности головки рельсов

Зона	Среднее повышение твердости HV, %	Интервал значений твердости HV		
		Рельс из прямого участка	Рельс из кривого участка	
		поверхность катания	поверхность катания	боковая поверхность
I	175	>475	–	>475
II	150	401...475	–	401...475
III	30	325...400	325...400	325...400
IV	10	<325	<325	<325

Изучение изменения твердости в процессе эксплуатации недостаточно для оценки служебных свойств рельсов. Необходим обоснованный критерий, позволяющий установить, как далеко (или как близко) механическое состояние материала рельсов после пропуска нормативного тоннажа находится по отношению к предельному.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шур Е. А. Проверка качества рельсов // Путь и путевое хозяйство. – 2002. – № 9.
2. Проблемы взаимодействия колеса и рельса. Материалы Международной конференции, 14–17 июня 1999 г. – М.: Интекст, 1999.

3. Лысюк В. С. Исследование причин увеличения контактно-усталостных отказов рельсов с ростом износа (проката) рельсов. – В кн.: Динамические характеристики механических систем / В. С. Лысюк, В. Ф. Барабошин, А. В. Лукьянов // Сб. научн. тр. ИТМ АН УССР. Киев: Наукова думка, 1984. – С. 83–91.
4. Лысюк В. С. Износ колес и долговечность рельсов / В. С. Лысюк, В. Ф. Барабошин, А. В. Лукьянов, Н. В. Шеф // Путь и путевое хозяйство. – 1984. – № 5. – С. 27–28.
5. Paul Barton. A review of rail wheel contact stress problems // Railroad Track. Mech. and Technol. Roc. Symp., Princeton N. J. 1975. Oxford, C.D. 1978. – pp. 323–351.
6. Kumar S., Rajkumar B. R. Laboratory investigation of wheel rail contact stresses for U.S. freight cars / Trans. ASME. – 1981. – № 2. – pp. 246–255.

Поступила в редколлегию 14.12.2005.