

Превентивное шлифование рельсов для снижения уровня шума

С помощью шлифования поверхности катания рельсов можно устранять ее дефекты, влияющие на уровень шума, издаваемого при качении колеса по рельсу. Философия превентивной обработки рельсов, включающая также фрезерование и строгание, направлена на то, чтобы устранять не дефекты поверхности катания, а причины их появления. Из всех существующих способов шлифования наиболее эффективным зарекомендовал себя вибрационный метод.

Руководствуясь принципом превентивной обработки, можно рассматривать ее целесообразность по таким критериям, как устранение причин возникновения усталостных явлений на поверхности катания типа выкрашиваний, исключение возможности появления дефектов продольного профиля рельса, например, в виде волнообразного износа или дефектов с большой длиной волны, а также предотвращение изменения поперечного профиля головки рельса.

Основными моментами в данном вопросе являются превентивная обработка рельсов с целью предотвращения усталостных явлений на поверхности катания. Превентивная обработка позволяет более эффективно использовать рельсы. Приведенные на рис. 1 кривые демонстрируют значительные различия между обычным способом обработки, когда замена рельса предусматривается только в случае обнаружения дефектов, грозящих его разрушением, и превентивной обработкой, предусматривающей периодическое снятие слоя металла толщиной, например, 0,3 мм. Следует отметить, что в первом случае возможность обнаружения дефекта ограничивается точностью применяемых методов дефектоскопии.

Согласно приведенным кривым, превентивно обработанный рельс способен выдержать значительно

более высокие эксплуатационные нагрузки, чем обработанный по обычным методикам или вообще необработанный. Превентивную обработку рельсов следует начинать не слишком поздно, но и не слишком рано. В широком смысле следует различать два уровня качества такой обработки:

- устранение дефектов непосредственно на стадии их возникновения. Для этого можно использовать достаточно мощные шлифовальные машины с вращающимся рабочим инструментом, которые выполняют работу в один или два прохода;
- в зависимости от заданной величины слоя снятия металла применяются способы шлифования, фрезерования или строгания. Границы применения каждого из этих

способов строго не установлены и могут быть уточнены в соответствии с технико-экономическими критериями. Применение этих способов предотвращает необходимость в выделении участков ограничения скорости и исключает возможность преждевременной замены рельсов.

В июне 2009 г. на одном из участков в районе станции Хоккенхайм за два прохода шлифовального поезда RG 48 с рельсов был снят слой металла толщиной 0,37 мм. Продольный и поперечный профили головки были проконтролированы и приведены в соответствие с нормами. Шероховатость поверхности катания рельсов после пропуска нескольких поездов составила 4 мкм. В зависимости от длины обрабатываемого участка производительность выполнения работ достигала более 4000 м/ч.

Практическая применимость метода превентивной обработки рельсов в январе 2010 г. была еще раз проверена на участке Кёльн – Франкфурт-на-Майне. Если усталостные дефекты на поверхности катания

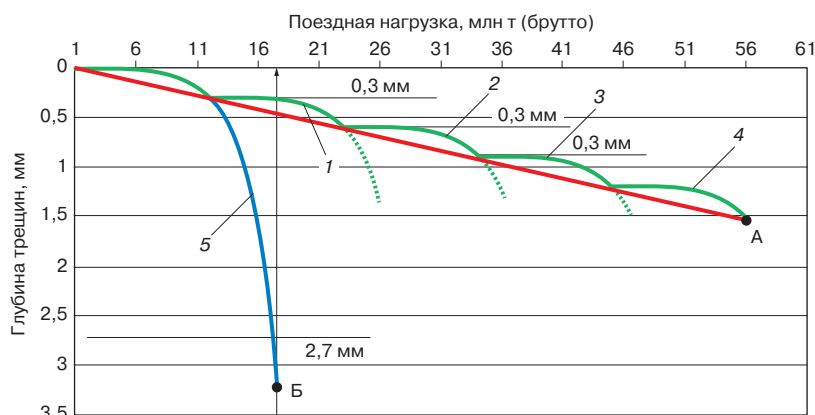


Рис. 1. Рост трещин при превентивной обработке рельсов и без нее:

1–4 — семейство кривых роста трещины при превентивной обработке рельсов; 5 — рост трещины без превентивной обработки; А — замена рельса по достижении предельного износа; Б — замена рельса в связи с ограниченными возможностями методов дефектоскопии

рельса ликвидируют еще на стадии их возникновения, это приводит и к устранению дефектов продольного профиля рельса. Поперечный профиль головки рельса не претерпевает при этом никаких изменений.

Предварительным условием для такого вида обработки рельсов является то, что до ее начала положение рельсов должно строго соответствовать техническим требованиям. Если цель обработки состоит в том, чтобы исключить необходимость введения участков с ограничением скорости движения или досрочной замены рельсов, то в процессе устранения усталостных дефектов на поверхности катания рельса ликвидируются также и имеющиеся отклонения от стандартного продольного и поперечного профилей рельса. В обоих случаях после обработки на рельсах должны отсутствовать дефекты поверхности катания, продольный волнообразный износ, отклонения размеров поперечного профиля.

Снижение уровня шума

Отсутствие дефектов на поверхности катания рельсов при прочих равных условиях способствует уменьшению уровня шума, излучаемого при качении колеса по рельсу.

Основными факторами, влияющими на уровень шума, являются:

- состояние поверхности катания колес;
- конструкция ходовой части и верхнего строения пути;
- топографические параметры, погодные условия и др.

В конечном итоге близкая к идеальной поверхность катания рельсов в значительной мере способствует определенному снижению уровня шума, что особенно важно для движения в диапазоне скорости 40–250 км/ч.

Шум, возникающий в зоне контакта колеса с рельсом, может быть измерен и оценен непосредственно или косвенно, а также же точно или непрерывно. Для

непосредственного измерения используют одиночные микрофоны или их группы, которые устанавливают стационарно либо на специальном шумоизмерительном вагоне.

Косвенные методы осуществляются измерением колебаний на продольном профиле головки рельса или определением величины ускорений в различных зонах головки. Последний способ был реализован при измерениях в Швейцарии. Эти методы связаны со значительными затратами времени. Предпочтительным представляется способ непосредственного измерения уровня шума, и в этой связи следует отметить, что в течение более 10 лет высокую оценку получают информативность и достоверность результатов, полученных с помощью шумоизмерительного вагона.

Способы обработки рельсов

Ротационное и вибрационное шлифование являются самостоятельными видами обработки рельсов. При ротационном шлифовании обработка головки рельса ведется вращающимися абразивными кругами, а при вибрационном — плоскими шлифовальными головками, вибрирующими в продольном направлении. Объемное и ленточное шлифование используются как дополнительные операции и самостоятельного значения не имеют. С помощью перечисленных способов обработки рельсов или их комбинирования все дефекты можно эффективно устранить, однако следует учитывать, что каждый из этих способов дает собственный специфический результат обработки, отличный от других.

Чаще, чем кажется, эти различия в достаточной мере не учитываются. Результаты обработки рельсов и величина создаваемого при движении уровня шума взаимосвязаны. В типичном случае продольные неровности с длиной волны 2–4 см, остающиеся после вибрационного

шлифования, вызывают шум с уровнем до 10 дБ(А), а после ротационного шлифования — от 0 до 15 дБ(А). Таким образом, уровень шума зависит от примененного способа обработки рельсов.

Остающиеся после ротационного шлифования риски располагаются на рельсе поперек направления движения. Их интенсивность зависит от рабочей скорости и частоты вращения шлифовальной головки. В результате шлифования поперечный профиль головки в определенной зоне приобретает полигональное очертание.

После вибрационного шлифования на поверхности катания рельса остаются мелкие риски, ориентированные вдоль направления движения. Продольный профиль головки определяется расстоянием между шлифовальными головками, равным 2 м. У поперечного профиля обработанной шлифованием зоны полигональность отсутствует.

Если рельс был только отфрезерован, то на поверхности катания остаются следы от фрезы, ориентированные поперек направления движения. Их периодичность зависит от рабочей скорости машины и скорости вращения инструмента. Составные (обычно обдирочные) фрезы оставляют после себя полигональную поверхность головки рельса.

Рельс, обработанный способом объемного шлифования, характеризуется рисками, которые проходят под углом 8 град по отношению к продольной оси рельса. Зона шлифования имеет ширину примерно 50 мм. В пределах этой зоны поперечный профиль не имеет полигональности. Риски от предыдущей обработки (фрезерования или роторного шлифования), расположенные перпендикулярно направлению движения, остаются на рабочей и внешней гранях головки рельса. Амплитуды коротковолновых продольных дефектов в нешлифованной зоне могут достигать предельного значения или даже незначительно превосходить его.

С помощью машины объемного шлифования, которая эксплуатировалась компанией Schweerbau в течение двух лет, достигалось качество шлифования разного уровня. Местами обрабатываемая полоса не была симметричной, иногда шлифовальные головки работали с перебоями или отходили от поверхности рельса, что указывало на недостатки в конструкции оборудования.

В связи с указанными недостатками последующую обработку проводили уже способом ленточного шлифования. При этом способе обработки вдоль рельса появлялись технологические бороздки. Ширина зоны шлифования составляла 40–45 мм. Поперечный профиль головки рельса не имел полигональности, однако после шлифования все равно оставались технологические бороздки на рабочей и внешней гранях головки, ориентированные поперек направления движения. Эти дефекты появились после предыдущего шлифования, проводившегося другим способом.

Таким образом, амплитуды коротковолновых продольных дефектов на рабочей грани головки и наружной части, т. е. в тех местах, где шлифование не проводилось, выше, чем в шлифованной зоне. Вначале, непосредственно после обработки рельсов, их рабочая поверхность имеет ширину 20–22 мм. В процессе эксплуатации она становится шире, и контакт колеса с рельсом частично происходит уже в необработанной зоне. Этот механизм характерен как для объемного, так и для ленточного шлифования.

После строгания получают зеркальную поверхность. При этом амплитуды продольных коротковолновых дефектов значительно ниже допустимых предельных значений. Обычно возникающие при обработке как продольные, так и поперечные риски здесь отсутствуют. В то же время в рабочей зоне поверхности катания поперечное сечение

рельса имеет полигональное очертание. Его углы высотой порядка 0,06 мм не позволяют снизить уровень шума до желаемого предела. Это подтверждено и результатами проводившихся компанией Schweerbau совместно с ДВ практических испытаний.

Способы обработки рельсов и уровень шума

В наибольшей мере возникновение шума способствуют поперечные бороздки, возникающие при ротационном шлифовании и обработке фрезерованием.

Значительное влияние на шумообразование оказывает полигонизация поперечного сечения головки рельса, механизмы возникновения которой уже были рассмотрены ранее. Важную роль играют также предельные значения амплитуд коротковолновых продольных дефектов.

Все указанные недостатки устраняют посредством вибрационного шлифования после предварительной обработки рабочей поверхности рельсов. После такой обработки амплитуды коротковолновых дефектов не превышают 0,01 мм, поперечные бороздки не образуются, кроме того, на рабочей грани и внешней части поверхности катания не остается бороздок. Более того, с помощью вибрационного шлифования устраняется полигональная форма поперечного сечения головки рельса.

Несомненно, что все перечисленные способы обработки способствуют снижению уровня шума. Этот факт необходимо учитывать при любых инновациях в путевом хозяйстве. С другой стороны, Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) не ставит задачу полного исключения шумового воздействия, а устанавливает нормативные уровни шума.

Требования Федерального бюро железных дорог Германии (ЕВА),

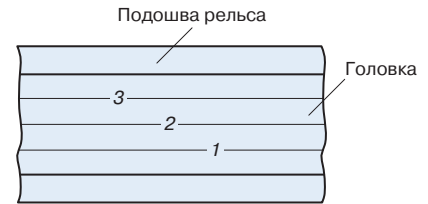


Рис. 2. Расположение линий на поверхности катания рельса, где проводились измерения

касающиеся особо контролируемых линий, предписывают, чтобы уровень шума, который должны обеспечивать мероприятия по обработке рельсов, в среднем равнялся 48 дБ(А). Максимально допустимый уровень шума, предписываемый ЕВА, составляет 51 дБ(А). На эти показатели должны быть ориентированы все способы обработки рельсов и другие меры, принимаемые для снижения уровня шума.

Сплошная превентивная обработка рельсов без учета проводимых периодически отдельных мероприятий по обработке рельсов способна понизить уровень шума до 49–50 дБ(А). Это значит, что обработка рельса фрезеральной машиной с последующим вибрационным шлифованием машиной типа GWM обеспечивает получение поверхности катания рельса с акустически низким уровнем. Обе машины перемещаются в одном рабочем ритме. Общая производительность определяется производительностью идущей впереди фрезеральной машины. Проведенные с помощью вагона RM 1200 D измерения продольного профиля рельсов показали, что амплитуда коротковолновых дефектов для позиции 2 значительно меньше 0,01 мм. При этом также были измерены значения этой амплитуды для позиций 1 и 3 (рис. 2).

Обработка рельсов по акустическим показателям

Акустическая эффективность шлифования рельсов может быть подтверждена и с помощью непосредственного измерения уровня



Рис. 3. Шлифовальная машина GWM 550

шума. Почти 15 лет тому назад проводились первые эксперименты по обработке рельсов с целью снижения шума качения. На участке пути длиной 1500 м измерения с помощью шумоизмерительного вагона показали уровень шума 93–99 дБ(А), а после вибрационно-го шлифования — 84–86 дБ(А), т. е. по отношению к нормам для особо контролируемых линий уровень шума оказался на 2–4 дБ(А) ниже.

В результате выполненного в июне 2007 г. в Нидерландах близ станции Эхт фрезерования головок рельсов с последующим вибрационным шлифованием машиной GWM 550 (рис. 3) было еще раз доказано, что посредством вибрационно-го шлифования можно снизить уровень шума на 12 дБ(А) для акустически важного диапазона длины волн продольных дефектов 0,5–3 см.

Амплитуды коротковолнового продольного износа определяли по трем эквидистантным измерительным линиям (см. рис. 2). По объему работ такая методика измерений, возможно, и пригодна для научных исследований, но для повседневной проверки качества обработки рельсов она не может быть использована. Одновременно на основе этих измерений было показано, что такая обработка рельсов позволяет выполнить требования евростандарта EN ISO 3095 и спецификации совместимости систем TSI. Это также означает, что вибрационное шлифование может быть использовано при

подготовке участков пути, где проводится приемка подвижного состава по акустическим параметрам.

Для линий, находящихся под особым контролем, уровень распространения шума колеблется относительно основного значения 48 дБ(А) в пределах между 45 и 51 дБ(А). Принцип реализации контроля показан на рис. 4.

На участке пути, модернизированном в 1999 г., проводились работы в режиме особо контролируемой линии, т. е. было выполнено фрезерование машиной SF 03, после чего проведено вибрационное шлифование машиной семейства GWM. Работы выполнялись с требуемым качеством при производительности 650 м/ч. Последующие измерения показали, что в октябре 2003 г. уровень шума превысил предельно допустимый для особо контролируемых линий норматив в ряде зон. В июне 2006 г. предельно допустимый уровень был превышен на всем

участке, в связи с чем была проведена повторная обработка. Это позволило понизить уровень шума на 2–3 дБ(А) по отношению к исходному уровню. На следующий год уровень шума оставался неизменным.

В связи с тем что превентивная обработка рельсов проводится достаточно часто (до двух раз в год), одно лишь ротационное шлифование не обеспечивает снижения уровня шума ниже 49 дБ(А), поэтому на отдельных участках, которые должны соответствовать требованиям, предъявляемым к особо контролируемым линиям, применяется принцип, приведенный на рис. 4. Если при этом используется фрезерование с последующим вибрационным шлифованием, предлагается в будущем вообще отказаться от фрезерования. Исследования, проводившиеся совместно с федеральной экологической службой Германии (UBA), показали, что ротационное и последующее вибрационное шлифование позволяют достичь аналогичного результата.

Если сохранить принцип особо контролируемых линий в современном виде, то интервалы между шлифованиями рельсов можно увеличить, поскольку поддержание шума на постоянном уровне 45–46 дБ(А) хотя и желательно, но пока не требуется законом. На рис. 5 показана возможность комбинирования способа превентивной обработки и принципа особо контролируемой линии, при котором постоянно поддерживается уровень шума не выше 48 дБ(А). С другой стороны, совмещаемая с превентивным шлифованием акустическая обработка рельсов, которая реализуется исключительно вибрационным шлифованием, позволяет поддерживать уровень шума в диапазоне 45–46 дБ(А).

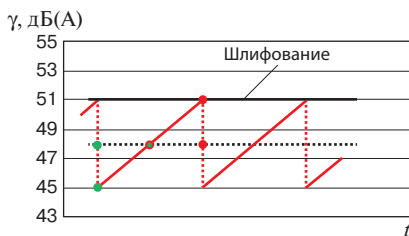


Рис. 4. Принцип реализации особо контролируемой линии

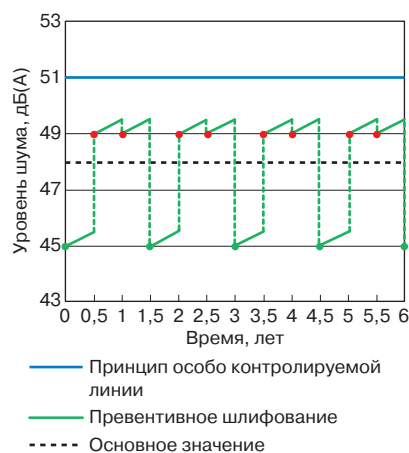


Рис. 5. Схема комбинирования способа превентивной обработки и принципа особо контролируемой линии

По материалам компаний *Schweerbau* (www.schweerbau.de) и *Plasser & Theurer* (www.plassertheurer.com), *портала Pro Rheintal* (www.pro-rheintal.de); *Eisenbahningenieur*, 2010, № 6, S. 18–24.