

# Высокоскоростное шлифование рельсов

Рост объемов перевозок, особенно грузовых, приводит к постоянному увеличению нагрузок на путь. В связи с этим в текущем содержании пути появляются новые аспекты, с которыми не приходилось сталкиваться еще 15 лет тому назад. Характер повреждений рельсов, возникающих в процессе эксплуатации, изменился. Если раньше превалировал износ материала рельсов, то сейчас основное внимание приходится уделять усталостным дефектам. В данной ситуации требуется принятие дифференцированных мер противодействия, причем в условиях сокращения длительности окон для производства путевых работ.

## Превентивное шлифование

Ввиду повышения скорости движения поездов и уплотнения графиков количество дефектов на поверхности катания рельсов, обусловленных усталостными явлениями в структуре рельсовой стали, постоянно растет. Кроме рифлей и волн, обусловленных боксованием, возникает сетка усталостных поверхностных трещин, вызванных качением колеса по рельсу. Если волны, образующиеся на поверхности катания рельса и вызванные боксованием, в основном способствуют повышению уровня шума при движении поезда, то усталостные трещины в значительной мере сокращают

срок службы рельсов и тем самым резко повышают расходы на текущее содержание пути.

Чаще всего усталостные трещины появляются на участках скоростного движения. Поверхность катания рельсов испытывает большие нагрузки сдвига, вызываемые силой тяги. Они создаются ведущими колесами в направлении, противоположном ходу поезда. Эти силы растягивают металлургическую структуру, которая становится более твердой и хрупкой. По сравнению с исходными показателями твердость возрастает примерно на 20%. Оптически это проявляется в виде коричневого (медного) отлива на поверхности катания.

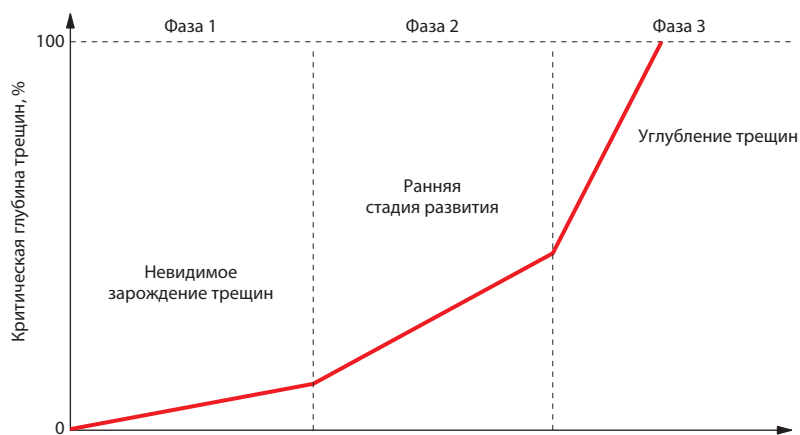


Рис. 1. Три фазы образования усталостных трещин в головке рельса

При регулярно действующих нагрузках в местах повышенной твердости возникает сетка трещин, которые развиваются вглубь головки рельса под углом, близким к 30°. Поскольку трещины не выходят на поверхность, снаружи их размер можно оценить только с помощью метода вихревых токов. Установлено, что трещины растут тем быстрее, чем глубже они проникают в головку рельса. Если своевременно не принимаются необходимые меры, происходит выкрашивание металла на поверхности катания.

Процесс роста трещин можно разделить на три фазы (рис. 1). Сначала растет твердость рельсовой стали и на поверхности катания рельса образуется кристаллический дефект, который в следующей фазе начинает расти. В большинстве случаев образуются небольшие локальные скопления трещин, распространяющиеся вдоль головки рельса и образующие плоский «ковёр» микротрещин. В третьей фазе трещины достигают такой длины, что это уже сказывается на нормальной работе рельса. В этом случае дефект уже невозможно устранить, даже если поверхность рельса подвергнуть глубокому фрезерованию. Тогда не остается ничего иного, как прибегнуть к замене рельсов, что влечет за собой резкое удорожание работ по текущему содержанию пути.

Поскольку в третьей фазе трещины растут в 5–10 раз быстрее, чем в предыдущих, необходимо принимать превентивные меры еще на первой фазе. В этом случае расходы будут минимизированы, потому что глубина трещин пока не превышает 0,1 мм, и дальнейший их рост благодаря «искусственному износу» на поверхности катания рельса будет исключен. Рельс должен регулярно подвергаться механической обработке, но каждый раз снимается лишь тонкий слой металла. Вытекающее отсюда требование состоит в том, чтобы циклы шлифования предварительно

согласовывались. При этом участки поверхности катания рельса с усталостными дефектами должны удаляться полностью. Наличие остаточных дефектов не допускается.

## Традиционный способ шлифования

Традиционные способы шлифования и фрезерования были разработаны специально для поддержания рельсов в рабочем состоянии при большой глубине обработки. Они применяются как средство репрофилирования головки рельса, устранения трещин большой глубины, удаления выбоин и вмятин на поверхности катания. Для превентивного шлифования эти методы могут быть применены только в ограниченной мере. Как шлифование, так и фрезерование можно использовать лишь в определенных технических и логистических пределах:

- традиционные рельсошлифовальные и рельсофрезерные поезда имеют максимальную рабочую скорость, не превышающую скорость пешехода. Чтобы исключить конфликт с регулярным железнодорожным сообщением, их можно применять только в окна при условии закрытия перегона. На линиях высокоскоростного движения это, как правило, возможно лишь в ночное время. На линиях со смешанным движением, которые круглосуточно используются для пассажирских и грузовых перевозок, применение этих машин связано с большими трудностями. Полное закрытие перегонов надо длительно готовить, а это влечет за собой серьезные затраты, поскольку требует планирования и организации объездов;

- запланированные сроки проведения ремонтных работ не всегда удается реализовать. В случае сбоя графика движения поездов или из-за неожиданного выхода из строя самого рельсошлифовального поезда время,

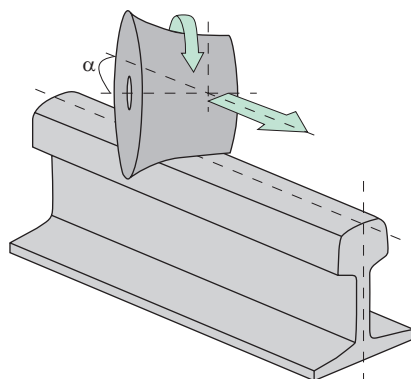


Рис. 2. Способ шлифования HSG с пассивным приводом рабочих головок

отведенное на проведение работ, сокращается. Шлифовальные поезда прерывают свою работу досрочно и возвращаются на станцию. В таких случаях приходится планировать новые окна, чтобы возместить потерянное время, пока трещины не успеют сильно увеличиться;

- ввиду того что обычные шлифовальные поезда нарушают существующий габарит приближения строений, все сигнальные и переключающие устройства, которые могут быть повреждены при проходе этого поезда, демонтируют. После завершения работ их монтируют вновь. Эти дополнительные расходы значительно увеличивают общий объем затрат на текущее содержание пути.

## Высокоскоростное шлифование

Компания Vossloh Rail Servis (VRS) разработала принципиально новый способ превентивного шлифования рельсов HSG. Его основным достоинством следует считать возможность шлифования со скоростью 80 км/ч, что позволяет гибко применять новый поезд, вводя его рабочие проходы в регулярный график движения поездов. Даже при высокой интенсивности движения поездов можно интегрировать рельсошлифовальные походы HSG в график с минимальными изменениями в нем.

В отличие от традиционных способов шлифовальный инструмент HSG не приводится во вращение от собственного индивидуального привода, а свободно катится по рельсу. Таким образом, мощность на шлифование отбирается от локомотива, ведущего шлифовальный поезд. Благодаря тому что положение осей шлифовальных головок не перпендикулярно продольной оси рельса, возникает относительное поперечное движение. Вследствие этого вся головка рельса от рабочей грани до поверхности катания при достаточно высокой скорости движения подвергается шлифованию. Учитывая величину силы тяги современных локомотивов, при достаточном количестве шлифовальных головок можно обеспечить высокую эффективность обработки рельсов. Способ HSG позволяет сошлифовывать около 30 см<sup>3</sup> стали в секунду на каждом рельсе — вчетверо больше, чем при обычном способе шлифования. При этом не только удаляется ставшая хрупкой часть поверхности катания, но и происходит выглаживание ее по всей длине за счет удаления гребней рифлей и волн боксования (рис. 2).

Интенсивность шлифования определяется скоростью движения поезда при рабочем проходе, силой прижатия шлифовальных головок к рельсу и их числом. Заданная глубина шлифования 0,1 мм достигается за три прохода. Для устранения дефектов глубиной более 0,2 мм потребуются дополнительные проходы поезда или применение сцепа из двух шлифовальных поездов.

Обязательным условием эффективности данной технологии является то, чтобы профиль обрабатываемого рельса не был поврежден и не выходил за пределы допустимых отклонений. При шлифовании существующий профиль головки рельса не изменяется.

Традиционные шлифовальные и фрезерные поезда за один проход снимают слой стали в несколько

десятих долей миллиметра. Промежутки времени между двумя проходами намного продолжительнее, чем у поезда HSG. Трещины в рельсе растут во времени нелинейно, а именно по экспоненциальному закону. Процессы снятия малых количеств металла, но повторяющиеся чаще более приемлемы с точки зрения длительности срока эксплуатации, поскольку способствуют значительно меньшему «искусственному износу», чем традиционные методы шлифования. Иными словами, для головки рельса способ HSG является более щадящим.

Техника HSG впервые применена в 2007 г., когда новые механизмы были установлены на рельсошлифовальном вагоне RC01 (рис. 3).

По сравнению с обычными рельсошлифовальными и рельсофрезерными машинами он отличался следующими свойствами:

- благодаря высокой скорости шлифования (80 км/ч) RC01 был первым в мире и на тот момент единственным рельсошлифовальным вагоном, который применялся для шлифования без закрытия перегона и вписывался в рамки регулярного графика движения. Оператор инфраструктуры при этом имеет возможность повысить качество

и эксплуатационную готовность пути при затратах приемлемого уровня;

- выполняя процесс шлифования за три прохода, в каждом из которых снимается слой металла толщиной 0,04 мм, RC01 обеспечивает производительность до 40 км пути за смену. Обработка рельсов соседнего пути после изменения направления движения позволяет избежать холостых пробегов. Кроме того, при непредвиденном сбое в движении этот поезд можно гибко изъять из графика, отправить на нужную станцию или запасной путь, где его переоснастят для дальнейшего использования;

- RC01 сконструирован таким образом, что для его прохода не требуется демонтировать дорожное покрытие на переездах или напольное оборудование средств сигнализации. Стрелочные переводы он проходит без торможения, не подвывая рельсы шлифованию;

- при шлифовании со скоростью 80 км/ч не представляется возможным проводить непосредственные измерения толщины снимаемого слоя металла. В связи с этим используется непрерывный метод косвенной оценки этого параметра путем снятия кривой,

показывающей изменение по длине силы прижатия шлифовальных головок к рельсу. Характер кривой позволяет судить о степени равномерности снятия металла с поверхности катания. Это дает возможность не закрывать перегон для проведения измерений. Кроме того, по кривой с точностью до 1 м можно определять места, где шлифование не проводилось (например, на стрелочных переводах). Система управления процессом шлифования выдает в конце смены информацию о производительности поезда;

- зависимость величины съема металла за один проход от нажатия шлифовальной головки на рельс была установлена при проведении фазы предварительных испытаний. Для моделирования процесса шлифования компания VRS разработала специальный стенд. На этом стенде можно было многократно воспроизводить величину съема металла и износ шлифовального инструмента, определять и сравнивать результаты в зависимости от таких факторов, как давление, сила прижатия инструмента, скорость шлифования, величина зерна шлифовального камня и фракционный состав последнего. С помощью испытательного стенда были предварительно определены параметры новых шлифовальных головок.

Поезд RC01 получил допуск Федерального бюро железных дорог Германии, а также разрешение на его использование в сети. Для железных дорог Германии (DB) была также принята и сама технология скоростного шлифования.

Свою эффективность способ HSG подтвердил на высокоскоростной линии Нюрнберг — Ингольштадт, которая была открыта для регионального и дальнего сообщения в декабре 2006 г. Исследования показали, что уровень текущего содержания пути значительно повысился благодаря применению HSG. На отрезках пути, где проводилась механическая обработка рельсов по



Рис. 3. Поезд с рельсошлифовальным вагоном RC01



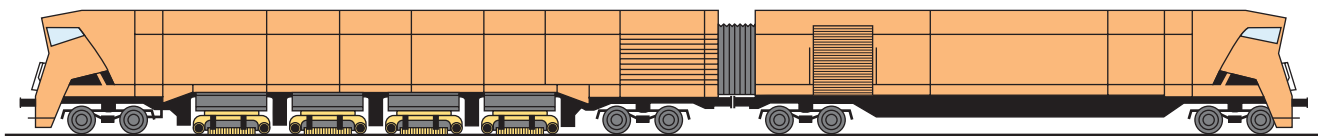


Рис. 4. Базовая версия модульного шлифовального поезда HSG 2

способу HSG, уже после четвертого цикла шлифования не было отмечено усталостных явлений, а именно сетки трещин на поверхности катания.

Инфраструктурная компания DB Netz, входящая в состав холдинга DB, успешно использует способ HSG, постоянно расширяя область его применения. В 2010 г. была запланирована обработка по такой методике 1000 км пути на 10 участках разного назначения по всей Германии, а также на одном участке в Швейцарии.

### Шлифовальный поезд HSG 2

Основываясь на накопленном опыте эксплуатации первого шлифовального поезда нового типа, компания VRS в июле 2010 г. приступила к изготовлению поезда нового поколения HSG 2. Способ шлифования, размеры вагонов и основные принципы остались такими же, как у предшественника. Как RC01, так и HSG 2 в своей основной версии имеют длину по буферам 25 м, массу 75 т, по 48 шлифовальных головок на каждый рельс. Общая концепция поезда и все агрегаты были, однако, пересмотрены с целью значительного повышения производительности и оптимизации использования рабочего времени. В зависимости от пожеланий заказчика это означает либо увеличение длины обрабатываемых участков, либо увеличение числа рабочих проходов, но в любом случае — повышенный съём металла за смену.

На рис. 4 показана схема поезда HSG 2. В левом вагоне установлены шлифовальные агрегаты, а в правом предусмотрены места для хранения шлифовального инструмента,

размещены агрегат электроснабжения и емкости для различных расходных жидкостей.

Шлифовальные агрегаты оборудованы четырехместными магазинами револьверного типа. Такая конструкция позволяет заменять изношенные шлифовальные камни новыми во время рабочего прохода и обрабатывать, как уже было сказано, участки пути длиной до 40 км без остановки поезда. Зарядка револьверных магазинов новым шлифовальным инструментом производится в начальном и конечном пунктах маршрута, где меняется направление движения шлифовального поезда. Специально разработанная система быстрой смены инструмента снижает время простоя до нескольких минут. Поезд HSG 2 способен одновременно принять 14,4 т шлифовальных элементов. Это на 20% больше, чем поезд RC01. Для облегчения подачи сменного инструмента со склада вспомогательного вагона переход между вагонами закрыли суфле. Подготовка следующего цикла замены начинается уже во время процесса шлифования. Основные технические данные поезда приведены в таблице.

В поезде HSG 2 в отличие от поезда RC01 предусмотрена регулируемая колея шлифования. Если

положение рядов шлифовальных головок по отношению к головке рельса в первом поезде было жестко зафиксировано, то в новой модификации имеется возможность бесступенчато регулировать их положение, чтобы шлифовать либо рабочую грань головки рельса, либо основную поверхность катания.

Это новшество дает два важных преимущества: на первой ступени колея шлифования четырех шлифовальных агрегатов для каждого участка выставляется жестко, таким образом, чтобы обработка в основном велась либо на рабочей грани (при устранении сетки усталостных микротрещин), либо на поверхности катания (при устранении рифлей). На второй ступени возможна активная корректировка профиля рельса. При этом колея шлифования агрегатов во время движения поезда может быть изменена и с помощью установочных приводов автоматически настроена на обработку локальных дефектных зон. Необходимую для этого информацию вводит система регулирования, измеряющая параметры рельсов в процессе движения поезда. Таким способом можно вести превентивное шлифование для воспрепятствования «ползучему» изменению профиля рельса.

Технические данные шлифовального поезда HSG 2

Параметр	Значение параметра
Максимальная транспортная скорость, км/ч	120
Рабочая скорость, км/ч	От 60 до 100
Рабочая скорость, принятая на сети DB, км/ч	80
Толщина слоя металла, снимаемого за один проход, мм	0,05
Шероховатость отшлифованной поверхности, мкм	<8
Производительность за смену, км	До 40
Требуемая тяговая мощность, кВт	1500

При конструировании шлифовальной головки большое внимание было уделено экономии материалов. Буксу и ось шлифовального элемента можно использовать повторно. Шарикоподшипники и остатки корунда утилизировать нельзя.

В ходе шлифования участка длиной 30 км за три прохода сошлифовывается около 2000 кг рельсовой стали. Частицы металла вместе с остатками корунда в процессе шлифования улавливаются и отводятся в специальную емкость. С одной стороны, это делается для того, чтобы предотвратить попадание в сухую траву горячих частиц стали, способных вызвать пожар. С другой стороны, необходимо, чтобы эти частицы при высокой скорости движения не были втянуты в турбулентный поток за поездом и не могли нанести повреждения локомотивам и вагонам.

Поезд HSG 2 оборудован автоматической установкой, которая

улавливает пыль во время рабочего прохода и собирает в пылесборник. Между рабочими сменами пыль перегружают на любой станции на автотранспорт и вывозят для последующей утилизации. По сравнению с поездом RC01 техника пылеулавливания нового поезда была усовершенствована. Так, за счет оптимизации направления потоков в системе удалось увеличить долю улавливаемой пыли с 75 до 90%. Объем пылесборника увеличен втрое (до 6 т). И наконец, процесс сбора пыли в основном автоматизирован. Вместо того чтобы, как прежде, переносить мешки к контейнеру и там опорожнять их (при этом часть пыли снова попадала в окружающую среду), пыль транспортируют по системе трубопроводов в стандартный контейнер.

Новая модульная концепция HSG 2 представляет собой платформу для дальнейшего развития. На ее базе можно реализовать любые требования будущих заказчиков гораздо

быстрее, чем раньше. Например, с ее помощью можно создать поезд из двух шлифовальных и одного прицепного вагонов. При этом шлифовальные вагоны будут крайними, а расположенный между ними — вспомогательным, включающим склад шлифовального инструмента, агрегат электроснабжения и пр.

С точки зрения логистики это очень рациональное решение. Трехвагонный шлифовальный поезд обладает тем преимуществом, что при удвоенной производительности шлифования увеличение расходов на тягу и обслуживающий персонал оказывается незначительным. В этом случае, как показывают расчеты, стоимость шлифования 1 м пути значительно удешевляется. Первый поезд новой серии планировалось передать в эксплуатацию уже в 2011 г.

---

*По материалам компании Vossloh Rail Services (<http://www.vossloh-rail-services.com>); Eisenbahningenieur, 2010, № 10, С. 30–34.*

## НОВОСТИ

### «Солнечный тоннель» в Бельгии

На участке длиной 3,4 км высокоскоростной линии HSL4 Брюссель — Амстердам железных дорог Бельгии, проходящем в природоохранной зоне к северу от Антверпена, обустроен так называемый солнечный тоннель, введенный в эксплуатацию в июне 2011 г. Для этого данный участок огородили вертикальными стенками, а сверху перекрыли горизонтальной крышей, на которой смонтировали 16 тыс. фотоэлектрических элементов общей площадью 50 тыс. м<sup>2</sup>, поставленных компанией Solar Power Systems.

Этот проект стоимостью 14,5 млн евро реализовала компания SPS Fin в рамках государственно-частного партнерства, участниками которого

были корпорация Enfinity, специализирующаяся на возобновляемых источниках энергии (она организовала финансирование и осуществляла общее руководство), администрация инфраструктуры железных дорог Бельгии Infrabel и местные администрации муниципалитетов Схотен и Брасхат.

Согласно заявлению специалистов Enfinity, солнечные батареи, установленные на крыше тоннеля, могут генерировать до 3300 МВт·ч электроэнергии в год (это соответствует энергопотреблению примерно 1000 семейных домовладений), способствуя тем самым уменьшению эмиссии углекислого газа за тот же период на 2400 т. Энергия будет использована для электропитания объектов инфраструктуры станции

Антверпен-Южный, а также на тягу поездов.

Проект такого рода является первым в Европе и требует дальнейшего усовершенствования, поскольку до последнего времени применения фотоэлектрических элементов в столь широких масштабах еще не было. Однако перспективы дальнейшего распространения данной технологии представляются весьма благоприятными, так как только за последние 3 года стоимость солнечных батарей снизилась на 30–40%. Есть основания надеяться, что реализация подобных проектов со временем будет еще дешевле и в 2015–2016 гг. можно будет обойтись без субсидий. В Италии, например, где солнца больше, такие проекты уже вышли на уровень самоокупаемости.