

образовавшиеся штабели не позволяют переместить отделочную машину на последнюю платформу.

Возможное решение заключается в использовании специального мостика, устанавливаемого на обочине насыпи. Отделочную машину оставляют на нем и в начале рабочей смены устанавливают на последнюю платформу, которая должна быть оборудована подъемным устройством.

Условия использования дорожных отделочных машин

Использование монтажных путевых звеньев и транспортировка грунта в железнодорожных вагонах

создают предпосылки для расширения области применения дорожных отделочных машин и условия для перехода от укладки балласта на земляном полотне к послойной отсыпке самого полотна в полный профиль.

Дорожные отделочные машины известных типов базируются на автомобильной ходовой части и имеют характеристики, определяемые техническими данными базовых автомобилей. Естественно, эти машины должны модернизироваться в расчете на использование в комплексе с грузовыми секциями вагонов для перевозки щебня.

F. Kunzewitsch. Eisenbahningenieur, 2004, № 3, S. 24 – 26.

Исследование металлургических основ износа рельсов

Износ колес и рельсов в процессе эксплуатации неизбежен, но прогнозируем. В течение последних 5 лет железные дороги Северной Америки закупили ежегодно почти по 500 тыс. т рельсов для замены дефектных и изношенных, затрачивая на это около 1,25 млрд. дол. США, так что даже небольшое улучшение их характеристик дает существенные экономические выгоды.

Лучшее понимание фундаментальных зависимостей между микроструктурой рельсовой стали и характером контакта в системе колесо — рельс может обеспечить значительный прогресс в эксплуатационных характеристиках рельсов и, следовательно, в отношении безопасности движения поездов.

В прошлом усилия, предпринимаемые Американской ассоциацией железных дорог (AAR), основывались на теориях, которые хотя и представлялись разумными, однако не были полностью обоснованными. Например, в 1980-х годах была разработана и предложена для внедрения бейнитная рельсовая сталь марки J6, практически не содержащая углерода, поскольку включения углерода рассматривались как зародыши износа. Кроме того, полагали, что увеличение твердости непосредственно определяет повышение износостойкости, а бейнитная сталь J6 является самой твердой из испытывавшихся до настоящего времени. Однако результаты, полу-

ченные на полигоне ускоренных эксплуатационных испытаний (FAST) Центра транспортных технологий (TTC) Федеральной железнодорожной администрации (FRA), показали, что износ рельсов из бейнитной стали в лучшем случае эквивалентен износу обычных рельсов из перлитной стали с упрочненной головкой, а в худшем — примерно на 50 % больше.

Но даже с учетом этого разработка бейнитной стали значительно пополнила представления о рельсовой стали и внесла вклад в фундаментальные знания, которые позволят повысить эффективность усилий в области совершенствования рельсов.

Наиболее важной в этой области стала программа, начатая в 2002 г. в университете штата Иллинойс (UIUC) под руководством TTC (ее завершение планировали на середину 2005 г.). Программа призвана охарактеризовать роль различных микроструктур рельсовой стали в износе и контактной усталости при качении с целью более эффективной разработки рельсовой стали высокого качества на основе скорее фундаментальных знаний, чем чистой теории. Для лучшей оценки рельсовой стали с точки зрения износа и контактной усталости при качении разработана также методика лабораторных испытаний, которая направлена на сокращение потребности в полномасштабных полевых испытаниях, естественно, не исключив ее вовсе.

Хорошо известно и принято в отрасли, что рельсы подвержены износу и в них могут возникать уста-

лостные трещины при качении вследствие образования так называемых зубцов в поверхностных слоях металла, подвергнутых наклепу. Это явление рассматривается как прогрессирующее накопление деформаций сдвига (пластических деформаций) на поверхности рельса. Величина деформации от прохода одного колеса весьма мала, но она накапливается в процессе повторения проходов и может вызвать выделение продуктов износа и повреждение поверхности вследствие уменьшения пластичности стали. Под действием сдвига рельс пластически деформируется до тех пор, пока материал уже не может поглощать дополнительные деформации и износ. Контактная усталость при качении и поверхностные повреждения рельса могут быть устранены шлифованием, но это укорачивает срок службы рельса и повышает эксплуатационные затраты. Поэтому как износ, так и контактная усталость должны быть учтены при совершенствовании рельсовой стали.

Разработки в области рельсовой металлургии в Северной Америке были сконцентрированы на повышении твердости перлитной стали головки рельса от 365 ед. по Бринеллю (в среднем) для стали марок середины 1990-х годов до 395 ед. для первосортной стали современных марок. Это повышение твердости привело к увеличению предела прочности стали на растяжение и сдвиг. Однако общим правилом для стали является то, что трещиностойкость при увеличении прочности и твердости этого материала уменьшается в обратной зависимости. Таким образом, из теории следует, что максимальная функциональная твердость рельсовой стали может быть достигнута в будущем, но тогда результирующие механические свойства стали не будут больше соответствовать требованиям, предъявляемым к рельсам.

К этой абстрактной предельной точке неоднократно приближались и даже превосходили ее по мере эволюционного развития металлургии и технологических усовершенствований в рельсовом производстве, зачастую приводивших к неожиданным достижениям. Однако для получения революционных

свершений в области рельсовой металлургии должны быть выявлены специфические микроструктурные составляющие, которые в большой степени влияют на предел прочности при сдвиге. Это даст исследователям время для улучшения эксплуатационных характеристик с одновременной минимизацией обратного эффекта от снижения трещиностойкости.

Полномасштабные оценочные испытания рельсов проводились на полигоне FAST и в условиях реальной эксплуатации в течение многих лет. Испытания такого рода незаменимы, поскольку именно в реальных условиях эксплуатации можно получить данные об износе и повреждаемости для сопоставительной оценки.

Лабораторные испытания рельсовой стали также являются очень полезным средством для сравнительных оценок, как и натурные. Для их проведения в отделении технической механики университета Шеффилда разработан и внедрен испытательный двухдисковый стенд, на котором можно изменять величины контактного давления и других параметров контакта колеса и рельса. Однако в ходе испытаний на стенде имитируется линейный контакт, тогда как реальный контакт колеса и рельса эллиптический, так что взаимодействие колеса и рельса моделируется не в полной мере.

В таблице приведены результаты испытаний на данном стенде разработанной под руководством ААР бейнитной рельсовой стали J6 совместно с перлитной рельсовой сталью нескольких марок. Видно, что простая теория повышения твердости стали для улучшения эксплуатационных характеристик рельсов не совсем подтверждается. Самые твердые рельсы из бейнитной стали J6 и современные рельсы из перлитной стали с упрочненной головкой, имеющие твердость 400 ед. по Бринеллю и более, показывают больший износ, чем обычные рельсы твердостью 360 ед. Таким образом, микроструктура стали также играет существенную роль в формировании эксплуатационных характеристик рельса, и это противоречит теории абсолютной взаимосвязи повышения

Результаты испытаний рельсовой стали разных марок на двухдисковом стенде

Марка стали	Твердость, НВ	Испытательное давление, МПа	Число циклов до появления трещин	Потери металла, г	Удельные потери металла, г/цикл · 10 ⁸
BS11 NG	225	1 500	8 475	—	—
Бейнитная J6	415	1 500	200 283	0,164	81,79
Бейнитная J6	415	1 500	200 215	0,129	64,24
Бейнитная J6	415	1 800	81 816	0,080	97,63
Перлитная НН	360	1 500	81 438	0,046	56,32
Перлитная НН	360	1 500	76 343	0,042	54,90
Перлитная НН	360	1 800	13 785	0,012	86,88
Улучшенная НН	400	1 500	200 526	0,145	72,16
Улучшенная НН	400	1 800	157 013	0,172	109,24

твердости и улучшения эксплуатационных характеристик рельсов по износу.

Вместе с тем может иметь место более тесная зависимость между твердостью и характеристиками рельсов по усталостной прочности при качении, поскольку более твердая сталь обеих марок показывает в этом аспекте относительно высокие характеристики.

Склонность рельсов к образованию деформаций в виде зубцов связана обратной зависимостью с пределом прочности стали на срез. Знание предела прочности рельсовой стали на срез позволяет в лабораторных условиях с достаточной степенью точности прогнозировать поведение рельсов в эксплуатации. Удивительно, однако, что в настоящее время отсутствуют методология испытаний и способы точной количественной оценки данной характеристики материала. Используются только оценки этого неотъемлемого свойства, основанные на результатах испытаний на растяжение и твердость. Важность доступности испытаний этого типа заключается в своевременной и точной оценке вновь разрабатываемой рельсовой стали в лабораторных условиях, что позволит осуществить дополнительные усовершенствования, не дожидаясь полномасштабных испытаний. Полезными показателями для предсказания эксплуатационных характеристик рельсовой стали могут служить результаты и других механических и усталостных испытаний. Получение наиболее точных индикаторов эксплуатационных характеристик рельсов и является целью разработки методологии исчерпывающих лабораторных испытаний.

Более тщательно изучалась динамика взаимозависимости микроструктуры рельсовой стали и ее микромеханических свойств, чтобы найти способ улуч-

шить характеристики рельсов путем изменения предела прочности на сдвиг. Соответствующие исследования проводили с использованием растрового электронного микроскопа (SEM) и просвечивающего электронного микроскопа (TEM) для сканирования образцов стали новых и деформированных рельсов, взятых как в лаборатории, так и с пути. Исследования этих образцов при экстремально больших увеличениях направлены на поиск дополнительных знаний о механизмах деформации с целью внесения изменений в металлургию рельсовой стали для предотвращения деформаций.

Поддерживаемые AAR исследовательские усилия TTC и UIUC в области рельсовой стали нацелены на разработку методики испытаний, которая может быть реализована в приемлемые сроки на простом лабораторном оборудовании. Полагают, что эти усилия могут дать благоприятные результаты. Так, определение твердости по Моосу можно теперь выполнить в течение нескольких часов с использованием общедоступного оборудования. Вскоре станет возможным точное количественное определение предела прочности на срез, причем так же просто, как в настоящее время выполняют испытания на растяжение или твердость. Изменения в технологии производства рельсовой стали, имеющие целью улучшение характеристик рельсов, могут быть количественно оценены в течение нескольких часов, а не лет, как при полномасштабных испытаниях, так что вновь разработанная металлургия может дать в эксплуатации практически немедленный эффект.

J. Kristan. Railway Track & Structures, 2004, № 8, p. 21 – 23.

ОБЗОР ЗАРУБЕЖНОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

ТЕХНИКА УПРАВЛЕНИЯ

Общие вопросы. Транспортная политика. Экономика. Социальные вопросы

Думани А. Новое железнодорожное законодательство Германии. — *Railway Gazette International*, США, 2005, № 5, p. 254, англ.

Комментируются изменения, внесенные в национальное законодательство по железнодорожному транспорту в связи с директивами ЕС в отношении либерализации и повышения конкурентоспособности железных дорог. В частности, оговорена передача ответственности за особо выделенные линии из Федерального железнодорожного ведомства (EVA) в Управление по телекоммуникациям, введены новые стандарты на отчетность государственных и частных железнодорожных предприятий с разделением учета экс-

плуатационной работы и деятельности, связанной с инфраструктурой. Так, по новому закону средства, предназначенные на эксплуатационные нужды, невозможно использовать на содержание и ремонт инфраструктуры и наоборот. Аналогично запрещено передавать фонды, выделенные пассажирскому сектору, в грузовой.

Железные дороги ЮАР в конкурентной борьбе с автомобильным транспортом. — *Le Rail*, Франция, 2005, № 118, p. 10, фр.

Сообщается о проводимой компанией-оператором Spoornet в течение последних 5 лет агрессивной политике по восстановлению утраченных позиций на рынке транспортных услуг. В этой связи инвестировано 2,37 млрд. евро в привлечение утраченной клиентуры, отдавшей в свое время предпочтение автотранспорту; вложено также 472,57 млн. евро в развитие линий, используемых предприятиями горнодобывающей промышленности. Перечислен ряд приоритетных проектов, финансируемых Spoornet.