

# Обработка поверхностного слоя осей колесных пар

Европейские стандарты на конструкции осей колесных пар, принятые в 2002 г., требуют повышения допустимой нагрузки на них, что может быть достигнуто, например, увеличением диаметра осей. Это достаточно просто реализовать при строительстве нового подвижного состава, однако в случае модернизации действующего возникают некоторые проблемы, поскольку увеличение диаметра оси сказывается на всех узлах, с которыми она сопрягается: от передачи до ходовой части. Путем поверхностной обработки осей по методу BVV можно повысить выдерживаемую ими нагрузку настолько, что оси будут отвечать требованиям нового стандарта и при этом не потребуется вносить изменения в сопрягаемые с ними узлы. Кроме того, у осей, обработанных таким методом, значительно выше коррозионная стойкость и ударная вязкость.

Оси колесных пар более 150 лет являются постоянным объектом работы конструкторов, инженеров-расчетчиков, металлургов: проводятся исследования прочности, изучается поведение материала при динамическом нагружении. При этом, разумеется, рассматриваются компоненты с высокой механической нагрузкой, которые в течение срока службы (около 30 лет) выдерживают более  $10^9$  циклов нагружения. Полученные результаты используют при разработке технических правил конструирования и изготовления осей.

## Основы конструирования обычных осей

Конструирование и расчеты осей колесных пар выполняют в соответствии с европейскими стандартами DIN EN 13103 или 13104, а также со стандартом DIN EN 13261, в котором приведены требования к технологии их изготовления и испытаниям, дается классификация и рассматриваются другие критерии. Однако любой стандарт, особенно принятый

международными организациями, представляет собой компромисс, базирующийся на неоднозначных решениях, которые оцениваются участвующими в их разработке специалистами. Например, известные, часто специфические для разных стран решения о применении высокопрочных металлов в качестве материала осей в приведенных стандартах не учитываются.

Стандарты, распространяющиеся на свойства материалов осей, касаются только стали марок EA1N и EA4T. По DIN EN 10082-2 (нелегированные сорта стали) и DIN EN 10082-3 (легированные) их приравнивают к сталям, имеющим обозначения S35N и 25CrMo4 + QT. Однако в стандартах определены квалификационные методы, которые следует применять для оценки альтернативных материалов и технологий. Это дает дополнительные возможности, хотя и требует повышенных затрат.

Введение в 2002 г. новых европейских стандартов (далее — стандарты EN) на конструирование осей колесных пар для широкого круга

специалистов означает, что у осей, в первую очередь моторных, в соответствии с повышением допустимой нагрузки на них (требование указанных стандартов) должен быть увеличен диаметр по сравнению с установленными ранее техническими правилами. Это определяется необходимостью выдерживать заданное значение коэффициента запаса прочности  $S$ , зависящего от материала и области его применения. Так, для стали EA1N, используемой в оси немоторной колесной пары,  $S = 1,2$ , для той же стали в оси моторной колесной пары опорно-осевого привода  $S = 1,5$  и в такой же оси, но не передающей усилий от тягового привода,  $S = 1,3$ .

При разработке основных положений стандартов на оси моторных колесных пар следует принимать во внимание не только повышенные значения  $S$ , но также и особые факторы, обусловленные всеми дополнительными нагрузками, с тем чтобы дать возможность конструкторам компенсировать дополнительные напряжения и сделать правила конструирования достаточно надежными. Стандартами EN предусмотрена возможность снижения коэффициента запаса прочности для осей моторных колесных пар (при точном знании нагрузок на них) до значений, принятых для осей немоторных колесных пар. Соблюдение европейских стандартов при изготовлении нового подвижного состава предполагается само собой разумеющимся.

Конечно, модернизация существующих моторных осей создает проблемы с получением дополнительных, согласующихся с европейскими стандартами доказательств их прочности, которые иногда не могут быть представлены. Выходом из положения остаются испытания, показывающие, например, что в рассматриваемом случае следует применить более прочный материал. Если, однако, достигаемое повышение усталостной прочности недостаточно,

остается только увеличивать диаметр оси. Однако если, например, увеличить диаметр оси в месте посадки зубчатого колеса редуктора, то это потребует изменения геометрии компонентов по всему тяговому тракту, вплоть до ходовой части.

Увеличение коэффициента запаса прочности, установленное европейскими стандартами 2002 г., осложняет применение высокопрочных материалов: например, повышение на 20% усталостной прочности стали EA4T по сравнению со сталью EA1N приводит к повышению допустимого напряжения лишь на 10%. Это происходит и у альтернативных, более прочных материалов. Следовательно, при испытаниях деталей на усталостную прочность создаваемые в них напряжения должны быть значительно выше ожидаемых в эксплуатации. Это прежде всего касается мест прессовых посадок и буксовых зон.

При испытаниях на круговой изгиб, необходимых для определения предела выносливости, вследствие чрезмерного повышения напряжений по сравнению с существующими в эксплуатации значительно увеличиваются также проскальзывания в зонах прессовых посадок. Помимо прочего, это ведет к ускоренной фрикционной коррозии и развитию соответствующих повреждений. При особо неблагоприятных граничных геометрических условиях может оказаться, что материал с повышенной прочностью не имеет преимуществ перед обычными стандартными материалами — сталями EA1N и EA4T. В подобных случаях требуются экспериментально подтвержденные дополнительные мероприятия, например нанесение покрытия на посадочные поверхности.

### Требования к разработке высоконагруженных осей

Выполнение нормативных заданий обязательно при конструировании осей и оправданно, даже если

ведет к явно выраженным консервативным результатам. Цель разработки заключается в том, чтобы на основе стандартов EN на материалы и конструкции, используя пригодные методы расчета, заметно повысить усталостную прочность оси с учетом зон прессовых посадок и доказать ее пригодность, даже если она сконструирована по старым правилам. Естественно, основное внимание следует уделять конструкциям, созданным в 1980–1990-х годах. При этом должны быть выполнены следующие требования:

- повышение усталостной прочности в зонах прессовых посадок и установки буксовых подшипников минимум на 25% по сравнению с прочностью эталонной стали 34CrNiMo6 даже при соотношении  $D/d$  менее нормативного значения 1,12 ( $D$  — диаметр оси в зоне прессовой посадки колеса;  $d$  — диаметр средней части оси). Допустимые напряжения при наличии покрытия на посадочной поверхности уже заметно больше, чем при использовании стали EA4T по DIN EN 13261, и применение такой оси возможно, особенно если доказано соответствие прочности требованиям новых стандартов;

- экологичность и экономичность метода с учетом размеров детали;

- гарантированная точность формы детали в готовом виде, что обеспечивает, в частности, отсутствие радиального биения. Это особенно важно, если применяется метод, исключающий последующую доработку посадочных поверхностей, например, шлифованием;

- пригодность осей для проворок и технического обслуживания, прежде всего для проведения без ограничений повторяющихся в течение срока службы испытаний с помощью ультразвука;

- возможность дополнительно использования технологически обусловленного повышения коррозионной стойкости, что может оказать положительное влияние

на ремонтпригодность и ремонтные затраты, а следовательно, и на экономичность.

Исходя из этих главных критериев следует определить дальнейшие шаги по разработке оси. В качестве надежного сопровождающего разработку инструмента можно принять анализ и оценку неисправностей оси по стандарту DIN EN 60812 или предшествующему стандарту.

### Методы повышения усталостной прочности

Повышение усталостной прочности динамически нагруженных деталей достигается различными методами обработки их поверхности:

- механическими, например дробеструйной обработкой или упрочняющим накатыванием;

- термическими, например индукционной или газопламенной закалкой;

- химико-термическими, например азотированием, цементацией, нитроцементацией.

Современными методами усталостная прочность может быть повышена на 10–15% в зависимости от материала, самого метода и геометрии детали, а также от концентрации внутренних напряжений.

При дробеструйной обработке или упрочняющей накатке прочность повышается в основном благодаря локальным деформациям в зоне, близкой к поверхности. На создаваемые при этом внутренние напряжения сжатия накладываются напряжения, возникающие при эксплуатации, что ведет к уменьшению результирующего напряжения в упрочненной зоне. В течение срока службы при большом числе циклов нагружения оси это может снизить достигнутое в начале повышение прочности.

В процессе индукционной или газопламенной закалки прочность повышается вследствие изменения

структуры поверхностного слоя в процессе локального нагрева и последующего быстрого охлаждения. При этом технологическими влияющими факторами являются глубина зоны нагрева и достигнутая скорость охлаждения. В качестве характеристики закалки поверхностного слоя используют изменение твердости материала по глубине. Если поверхностная прочность уже была повышена, то дополнительное увеличение ее в зоне, близкой к поверхности, возможно только в ограниченных пределах.

Химико-термические методы ведут к изменению химического состава материала в поверхностных слоях. Эти методы требуют для каждого из них применения специализированных установок с целью выполнения цементации, азотирования или нитроцементации. Изменения в поверхностном слое материала происходят в результате диффузии углерода и/или азота. Механизм цементации — это обогащение поверхностного слоя углеродом (при определенных условиях с добавлением азота) и последующее мартенситное превращение материала.

Максимальному упрочнению препятствуют напряжения в кристаллической решетке, вызванные ее тетрагональными искажениями вследствие перенасыщения железа углеродом. Упрочнению способствует (при соответствующем составе стали) эффект повышения прочности частиц, достигаемый в результате выделения карбидов. В процессе азотирования и нитроцементации упрочнение происходит вследствие попадания атомов азота в незакрытые узлы в тетраэдрах решетки железа и образования нитридов железа, карбонитридов и специальных нитридов при соответствующем содержании легирующих элементов в обрабатываемой стали. Свойства поверхностного слоя в значительной степени определяются уровнем внутренних напряжений. Дополни-

тельно вследствие пассивирующей способности нитридов железа уменьшается и коррозионная характеристика. К технологическим параметрам химико-термических методов относятся время обработки, температура, парциальное давление технологического газа и условия охлаждения.

С учетом сказанного были сопоставлены рассматриваемые методы и проведены обширные предварительные исследования, позволившие определить, в какой степени эти методы могут обеспечить выполнение поставленных требований. Установлено, что нельзя механическими методами добиться желаемого увеличения прочности реальных осей, а термическими повысить коррозионную стойкость. Дальнейшие исследования показали, что поставленные требования можно выполнить, только применив химико-термические методы. При выборе какого-либо из них, конечно, необходимо принимать во внимание экологические аспекты, особенно с учетом размеров осей. На основании этого, например, был признан непригодным метод жидкостного азотирования.

В ходе исследований внимание было сконцентрировано на газовом азотировании и нитроцементации, причем последняя представляла особый интерес по достигаемой коррозионной стойкости. В соответствии с определением, данным в DIN EN 10052, в процессе газового азотирования происходит термомеханическое обогащение поверхностного слоя детали азотом, а при нитроцементации — обогащение азотом и углеродом и последующее окисление, приводящее к повышению коррозионной стойкости. Образующийся оксидный слой толщиной в несколько десятых долей миллиметра закрывает пористую поверхность.

Уже первые испытания на вибропрочность обработанных таким образом осей показали преимуще-

ство газового азотирования в отношении достигаемой усталостной прочности перед нитроцементацией. Объем испытаний в экспериментах составлял минимум  $10^7$  циклов на ступень нагружения.

Этими экспериментами, однако, было установлено, что в прессовом соединении вследствие высокого испытательного напряжения (выше 220 МПа) возникают повреждения обработанного, а следовательно, и очень твердого поверхностного слоя посадочной поверхности. С целью устранения этого негативного явления компанией Bochumer Verein Verkehrstechnik (г. Бохум) был разработан метод BVV. Он сводится к нанесению после обработки поверхностного слоя дополнительного покрытия на посадочные поверхности. Толщина этого слоя в местах посадки колес, тормозных дисков и зубчатого колеса передачи опорно-осевого подвешивания выбирается различной в зависимости от величины нагрузок. Выбранные операции гарантируют отсутствие после такой обработки дефектов на поверхности оси, обусловленных различными причинами, в том числе деформацией и неточностью изготовления, выходящей за пределы допуска. Заключительная обработка, например шлифование, как уже отмечалось, не проводится, поскольку она частично снижает степень достигнутого упрочнения.

В эксплуатации важной проблемой является защита открытых поверхностей оси от повреждений. Так как толщина азотированного слоя составляет всего лишь несколько десятых долей миллиметра, его механическая обработка при ремонтах недопустима, поскольку приводит к снижению усталостной прочности.

Свободные поверхности осей могут быть дополнительно защищены от внешних механических воздействий в эксплуатации ударостойкими покрытиями. Такие покрытия, отвечающие требовани-

Таблица 1

Результаты испытаний на реальных осях с целью определения предела выносливости

Серия образцов	Число образцов	Отношение $D/d$	Предельные напряжения в прессовой посадке, МПа
А	1	1,14	320
В	5	1,12	335
С	3	1,06	380

ям DIN EN 13261 применительно к защитным покрытиям 1-го класса для осей колесных пар, уже в течение многих лет находятся в опытной эксплуатации на железных дорогах Германии (DB), хорошо зарекомендовали себя и подготовлены к серийному применению. Конечно, они, как и поверхности осей, могут быть повреждены, например, летящими частицами щебня, однако уже разработаны и проверены методы ремонта, которые обеспечивают восстановление защитного слоя без выкатки колесной пары.

#### Результаты исследований на опытных осях и малых образцах

Исследования проводили на осях из улучшенной стали с минимальной прочностью на растяжение 900 МПа. Эта сталь широко и успешно используется для изготовления высоконагруженных осей без упрочненного поверхностного слоя.

Были проведены серии различных экспериментов для оценки усталостных свойств на специально подготовленных осях и вырезанных образцах, которые согласно DIN EN 13103/13104 применяют для определения зависящего от материала увеличения коэффициента запаса прочности. По результатам предварительных исследований выбраны оси, упрочненные газовым азотированием, на которых места пресовых посадок дополнительно покрыты слоем молибдена.

У поверхности средней части оси структура металла имеет слоистый характер. Для контроля процесса

формирования слоев и оценки их морфологии использовали металлографию азотированных и нитроцементированных сталей. Диффундировавший азот реагирует с железом и образует нитриды железа. Диффузионный слой (называемый также дисперсионным) содержит азот в твердом растворе и одновременно твердые и стабильные нитриды металлов (карбонитриды), образованные легирующими компонентами исследуемой стали и представляющие собой субмикроскопические частицы, которые невозможно различить с помощью оптических методов наблюдения. В процессе обогащения азота начинается реакция вытеснения, в ходе которой происходит выделение цементита вдоль границ зерен бывшего аустенита. Выделяющийся цементит откладывается преимущественно параллельно фронту диффузии азота.

Содержание углерода в основном материале определяет достижимую в принципе глубину азотирования, образующиеся нитриды ведут к повышению поверхностной твердости. Среди образующихся нитридов и карбидов следует отметить особые карбиды, которые не повышают твердость. Хромистые стали требуют тщательной подготовки к азотированию и управлению этим процессом, так как склонны к пассивации (образование тонкой пленки окислов на поверхности металла).

Из сказанного ясно, какое большее значение имеют результаты исследований для отработки различных технологических операций и обеспечения стабильно высокого

качества процесса в условиях серийного производства.

**Исследование усталостной прочности на реальных осях** (в масштабе 1:1) проводили на стенде кругового изгиба. Требуемый уровень напряжений в сочетании с диаметром оси превышал возможности стенда, из-за чего возникали сложности при испытаниях. Кроме того, сильно нагревались места прессовой посадки, что объяснялось значительной длиной пути скольжения и большой частотой нагружения. Несколько модифицировав ось (что не повлияло на результаты испытаний) и стенд, эти проблемы удалось решить. Были проведены испытания осей трех серий с различным отношением  $D/d$ . Испытания продолжали до разрушения оси, повышая нагрузку и выполняя  $10^7$  циклов нагружения на каждой ступени.

Оказалось, что трещины в месте посадки и на свободной поверхности появляются только в случае, когда  $D/d = 1,06$ . При большем отношении диаметров они возникают лишь на переходе от места пресовой посадки к средней части. По результатам испытаний на вибропрочность (табл. 1) допустимое напряжение для места посадки принято равным 330 МПа. Для поверхности средней части оси установлено среднее допустимое напряжение 440 МПа, а на нижней ступени нагружения — 365 МПа. Последнее значение справедливо для области собственно номинальных напряжений. Оно соответствует минимальному нагружению, не вызывающему повреждений. Обработка поверхностного слоя позволяет повысить усталостную прочность в местах посадки на 53% по сравнению с ее значением для необработанной поверхности, но покрытой молибденом. На свободной поверхности (в средней части оси) эта прочность повышается незначительно.

Предварительно зоны переходов были исследованы с использованием метода конечных элементов и



оптимизированы по геометрии исполнения. Результаты, полученные для осей с минимальной концентрацией напряжений, не были неожиданными и соответствовали приведенным в других источниках. В случае неблагоприятного исполнения переходов имеются большие возможности для их улучшения.

#### Следующий этап испытаний.

На этом этапе использовали образцы с надрезом в соответствии с рекомендациями МСЖД, а также с надрезами по DIN EN 13103/13104, имеющими другую геометрию (рис. 1). Диаметр образцов составлял 10 мм, надрез по МСЖД имел V-образную форму, глубину 0,1 мм и радиус скругления 0,04 мм. Надрез по европейскому стандарту EN также имеет V-образную форму, но глубина его составляет 0,5 мм, а радиус скругления равен 0,1 мм.

Результаты испытаний гладких образцов с обработанной поверхностью (табл. 2) показали относительно небольшое повышение усталостной прочности при изгибе — около 10%. При надрезах МСЖД и EN наблюдалось значительное повышение усталостной прочности по сравнению с прочностью необработанных образцов.

Приведенные в табл. 2 значения пределов выносливости используют для расчета коэффициента  $q$ , на основании которого определяют коэффициент запаса прочности  $S$  по европейскому стандарту EN 13103/13104:

$$S = 1,5q_1/q_2,$$

где  $q_1$  — новая сталь;  $q_2$  — сталь EA1N.

Рассчитанный по этой формуле коэффициент запаса прочности моторной оси с обработанной поверхностью явно ниже, чем у стали EA1N, принятой в стандарте в качестве эталона, для которой  $S = 1,5$ . Впрочем, для стали без поверхностной обработки в данных исследованиях экспериментально получен коэффициент запаса прочности  $S = 1,86$ .

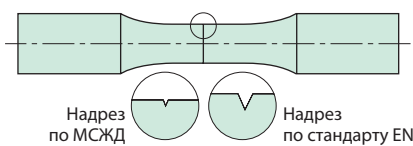


Рис. 1. Образец с надрезом

Таким образом, результаты исследований и экспериментов позволяют констатировать, что благодаря гарантированной обработке поверхностного слоя оси поставленная цель — повышение усталостной прочности в месте прессовой посадки и допустимого напряжения в детали — не только достигнута, но и превзойдена (указанные параметры возросли примерно на 25%). К свободным поверхностям оси это не относится. Их защита невозможна без конструкторских мероприятий.

В результате исследований чувствительности к надрезам с использованием малых образцов установлено также, что требуемое для высокопрочных материалов повышение коэффициента запаса прочности (по сравнению с эталонной сталью EA1N) на осях с обработанной поверхностью не достигнуто. В таких осях острые надрезы вызывают небольшое снижение прочности.

#### Защита поверхности

Дополнительным положительным фактором обработки поверхностного слоя химико-термическими методами является повышение коррозионной стойкости. Азоти-

рованные слои состоят из нарастающего связанного слоя нитридов железа, который базируется на диффузионном слое, упрочненном дисперсионным твердением. Толщина и фазовая структура компонентов слоев определяются выбором основного материала и принятием оптимальных параметров азотирования. В ряду  $\gamma'$ -нитридов,  $\epsilon$ -нитридов и  $\epsilon$ -карбонитридов нитриды железа выделяются особо высокой стойкостью к нейтральным растворам солей и атмосферной коррозии вследствие пассивирующей способности. Их стойкость может быть еще повышена путем дополнительного окисления. Сообщалось, например, о том, что нитриды железа могли находиться в испытательном солевом растворе по DIN 50021 до 500 ч.

Сравнительные исследования разных образцов после их старения в течение 90 дней при экстремальных условиях (кислотная атмосфера, относительная влажность выше 80%) показали, что ни на монослое газового азотирования, ни на нитроцементированных и дополнительно окисленных образцах нет даже следов коррозии, в то время как необработанные образцы уже сильно корродировали. Образцы с обработанным поверхностным слоем, дополнительно подвергнутые пескоструйной обработке, покрылись очень тонким оксидным слоем, обладающим высокой адгезией. Различия между нитроцементированными, дополнительно окисленными образцами и образцами после

Таблица 2

#### Пределы выносливости при круговом изгибе гладких и надрезанных образцов

Исполнение оси	Предел выносливости, МПа		
	Гладкий образец	Образец с надрезом по МСЖД	Образец с надрезом по стандарту EN
Обработанный поверхностный слой	552	510	397
Стандартное эталонное испытание BVV	507	278	—
Стандартное эталонное испытание BMBF <sup>1</sup>	483	—	228

<sup>1</sup> Федеральное министерство образования и науки Германии.



Рис. 2. Средняя часть оси с защитным покрытием (источник: Bochumer Verein Verkehrstechnik)

газового азотирования были незначительными, причем первые, конечно, меньше реагировали на воздействие агрессивных сред. Старение и тех, и других образцов в открытой промышленной атмосфере в течение 12 мес не привело к изменению их поверхностей.

На следующем этапе исследовали поведение осей при ударах частиц щебня. Известно, что такие воздействия, особенно при высокоскоростном движении, могут серьезно повреждать поверхность осей и приводить к большим затратам на ремонт. Экспериментами установлено, что оси, подвергнутые газовому азотированию, благодаря высокой твердости поверхностного слоя имеют высокое сопротивление повреждениям поверхности. Это показали, например, эксперименты, при которых проводился обстрел осей щебнем со скоростью до 350 км/ч. После этого поверхность осей оставалась в основном неповрежденной. Насколько эти или подобные им результаты вообще влияют на усталостную прочность, еще предстоит выяснить.

Тем не менее на практике все же рекомендуется защищать дополнительным ударостойким покрыти-

ем оси с поверхностной обработкой, подвергающиеся в эксплуатации атмосферным и механическим воздействиям (рис. 2). Это позволяет также отказаться от предварительного нанесения антикоррозионного покрытия.

### Концепция преобразования обработанной оси колесной пары

Проведенные исследования, как уже было отмечено, выявили значительный потенциал обработки поверхностного слоя в местах прессовых посадок и недостаточное повышение усталостной прочности на свободной поверхности. Тем не менее нанесение дополнительного покрытия на обработанный поверхностный слой в местах прессовой посадки позволяет иметь отношение  $D/d$  меньше минимального нормативного значения 1,12, предусмотренного стандартами. На обычных осях (без обработки поверхностного слоя), как показали эксперименты, при отношении  $D/d$ , меньшем нормативного, усталостная прочность в местах прессовой посадки может в некоторых случаях падать.

Относительно концепции безопасности можно отметить, что при консервативных рамочных условиях для обеспечения надежности осей следует при определении коэффициента запаса прочности  $S$  использовать значение коэффициента  $q$  для малых образцов с необработанной поверхностью.

При этих рамочных условиях старые оси с неизменными диаметрами в местах прессовых посадок, изготовленные еще до введения стандартов EN, но упрочненные путем обработки поверхностного слоя, в области свободных поверхностей могут иметь оптимальные характеристики и соответствовать нормам конструирования при отношении  $D/d$ , сниженном до 1,06. При этом места переходов к другим сечениям должны иметь минимальные надрезы или ребра, так как в противном случае утрачивается эффект повышения усталостной прочности зон прессовых посадок и свободных поверхностей, достигнутый за счет их предварительной обработки. Приводимые в нормах конструирования кривые сопряжений не являются оптимальными для данного случая. Оптимальное оформление переходов при конструировании, выполняемом с использованием метода конечных элементов, можно подтвердить анализом экспериментально полученных величин напряжений и результатами исследований усталостной прочности.

Важно также еще раз отметить, что обработка поверхностного слоя и нанесение дополнительного покрытия на поверхности прессовых посадок не должны ухудшать условия для их контроля ультразвуковым методом.

При разработке метода обработки необходимо было обеспечить ремонтпригодность оси и разработать способ устранения повреждений свободных поверхностей. Как уже отмечалось, защита обработанных осей от ударов частиц щебня совершенно необходима, так как

возникшие повреждения невозможно устранить без снятия верхнего обработанного слоя толщиной в несколько десятых долей миллиметра. Для окончательной оценки предлагаемых методов защиты необходимы эксплуатационные испытания.

### Перспективы

Поставленная цель — заметное повышение допустимой нагрузки на оси, — как показали результаты экспериментов, может быть достигнута. В рамках разработанных мер не только повышается твердость мест прессовой посадки за счет нанесения износостойких металлов и увеличивается поверхностная прочность, достигаемая предварительной обработкой, но также обеспечивается защита этих мест от фрикционной коррозии. Разработаны также нормы модификации осей обычного исполнения, которая, од-

нако, не должна затрагивать места сопряжений — зоны посадки зубчатого колеса тяговой передачи, тормозных дисков, колес и буксовых подшипников. Комплекс мероприятий создает возможность оздоровления старых осей и осей, изготовленных из традиционных сталей по уже действующим правилам.

В заключение следует отметить, что к настоящему времени предпосылкой для использования осей с обработанным поверхностным слоем является экспериментально подтвержденная усталостная прочность для реальной геометрии детали, определяемая в соответствии с методом сертифицирования по стандарту DIN EN 13261. Операторы, владеющие рельсовым подвижным составом, имеют возможность в случае его модернизации (например, при увеличившихся осевых нагрузках или для получения допуска на эксплуатацию) ограничить до

минимума изменения, вносимые в конструкцию колесных пар. Колесная пара с обработанным поверхностным слоем оси может представлять интерес и для предприятий железнодорожного машиностроения при выполнении небольших заказов. Применяя такую колесную пару, можно обеспечить высокие эксплуатационные характеристики, не внося изменений в конструкции ходовой части, механизма тягового привода и других узлов. Одновременно сводится к минимуму номенклатура запасных частей.

Дополнительные затраты на изготовление осей с обработанным поверхностным слоем в подобных случаях быстро окупаются, и экономичность системы в целом заметно повышается.

*По материалам компании Bochumer Verein Verkehrstechnik (г. Бохум, Германия)*

При поддержке:



**РЖД** Российские железные дороги



**IV Международная выставка современной продукции, новых технологий и услуг железнодорожного транспорта**

# exporail 2010

**17 – 19 марта**

**ЦВК "ЭКСПОЦЕНТР", Москва**

Организатор:

**РЕСТЭК БРУКС**

Россия, 197110,  
Санкт-Петербург,  
Петрозаводская ул., 12

Тел.: (812) 320-80-94  
E-mail: exporail@restec.ru

**В деловой программе выставки международная железнодорожная конференция**

[www.exporail.ru](http://www.exporail.ru)

Генеральный информационный партнер:

ДЕЛОВОЙ ЖУРНАЛ  
**РЖД ПАРТНЕР**