

торможенных колесных пар, реакцию средств контроля на имитацию неисправных (контрольных) вагонов, открытие и закрытие заслонок напольных камер, температуру наружного воздуха, температуру в напольных камерах с выдачей графиков (для КТСМ-02), сбой в счете осей и работе рельсовой цепи наложения.

В списке «больных» вагонов содержится информация о времени начала и окончания контроля поезда, графиковый номер и индекс поезда, схема состава с указанием количества секций локомотива, число подвижных единиц без локомотива, уровни нагрева букс и ступиц колес, информация о наличии тревожной сигнализации, результаты осмотра вагона с указанием обнаруженных неисправностей, температуры букс и наружного воздуха, скорости движения поезда по участку контроля с выдачей графика нагрева букс на участке, информация о наличии подвижных единиц с признаками «Слежение», «Динамика», «Заторможенный», «Шкив», «Приработка», «Кассета», «Отцепка», «Сбой» и др. В контекстном меню по каждому пункту контроля содержатся сведения о типе средств контроля, их размещении на перегоне (километр, пикет, расстояние от ПТО, код станции), порогах тревожной сигнализации, наличии охранно-пожарной сигнализации, маршруте доступа к КТСМ, об уровнях порога передачи сигналов с основных напольных камер и др. Внедрение диагностики предотказного состояния устройств обеспечивает высокий уровень безопасности движения поездов.

УДК 629.4.027.4

## ОПТИМАЛЬНОЕ СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТАЛЛА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС

*И. А. ВАКУЛЕНКО, Н. А. ГРИЩЕНКО*

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта  
им. академика В. Лазаряна, Украина*

*О. Н. ПЕРКОВ*

*Институт черной металлургии НАН Украины им. З. И. Некрасова*

В результате охлаждения со скоростями выше критического значения, когда формируются структуры по сдвиговому механизму, последующий отпуск позволяет изменять уровень твердости за счет выделения и коалесценции карбидной фазы. При изотермическом или непрерывном охлаждении, когда скорость соответствует уровням ниже критического значения, формируются структуры с пластинчатой формой карбидной составляющей.

На основе анализа характера взаимодействия железнодорожного колеса с рельсом оптимальной структурой по поверхности катания обода является пластинчатый сорбит с прерывистой сеткой структурно-свободного феррита. Приведенные данные, вместе с учетом возникающих напряжений в местах перехода диска в обод, позволяют разработать упрочняющую обработку как полностью железнодорожного колеса, так и его элементов в отдельности.

Разработка технологии термического упрочнения колеса основана на анализе возникающих напряжений в его элементах от возможных внешних нагрузок при эксплуатации. Учет конструктивных особенностей строения диска колеса, эпюры возникающих напряжений позволяет разработать процесс термического упрочнения, который в результате формирования оптимального структурного состояния металла оказывает необходимое влияние на напряженное состояние обода. Так, при использовании принудительного охлаждения диска, особенно в местах его перехода к ободу и ступице, при контроле интенсивности подачи охладителя и длительности процесса охлаждения могут быть достигнуты условия формирования бейнитной структуры на требуемой глубине от поверхности диска. Необходимый уровень комплекса свойств металла диска достигался за счет дополнительного нагрева, который должен быть адекватным отпуску при температурах 600 ... 650 °С. Для указанного нагрева термически упрочненного слоя диска использовалось тепло внутренних объемов металла, которого даже за относительно короткие выдержки достаточно для обеспечения формирования глобулярных структур требуемой дисперсности. По сравнению с пластинчатой формой карбидной фазы, которая в виде перлитной колонии способна выдерживать большие пластические деформации, глобулярные карбиды напротив, даже после степеней деформации, которые соответствуют началу разру-

шения металла, остаются практически неизменными. В этом случае развитие процессов деформационного упрочнения при нагружении металла, которые зависят от дисперсности и расположения карбидов в матрице, в значительной степени определяет изменение свойств изделий при эксплуатации. Так, в случае расположения глобул цементита по границам зерен феррита, наблюдается увеличение сопротивления металла зарождению и росту трещин, особенно в области пониженных температур. Обусловлено приведенное положение соотношением между количеством мест зарождения и аннигиляции дислокаций при пластическом деформировании. Для случаев, когда глобулы располагаются по ферритным границам, межфазная феррито-цементитная граница способна выполнять функции как источника зарождения, так и места аннигиляции дислокаций. На основе этого становится понятным, что увеличение объемной доли, даже без изменения дисперсности частиц, будет способствовать возрастанию сопротивления зарождению трещин за счет низкого деформационного упрочнения металла.

Для случаев, когда размер зерна феррита значительно превышает межкарбидное расстояние, межфазная граница феррит-цементит способна поглощать дислокации только когда частица располагается в их плоскости скольжения. При увеличении объемной доли карбидной составляющей (при неизменном размере зерна феррита) получим возрастание количества источников дислокаций без изменения числа мест их аннигиляции. В этом случае накопление дислокаций уже на начальных этапах пластического течения металла приведет к формированию вокруг глобул карбидов плотности взаимно заблокированных дислокаций. В результате будет наблюдаться резкий прирост характеристик деформационного упрочнения, а указанные объемы металла могут рассматриваться как места с преимущественным зарождением микротрещин. На основе анализа развития процессов деформационного упрочнения от структурного состояния стали была опробована в промышленных условиях термическая упрочняющая обработка железнодорожных колес. В результате обработки уровень временного сопротивления разрушению достиг значения порядка  $880 \text{ Н/мм}^2$ , относительного сужения и удлинения – до 50 и 20 % соответственно; ударная вязкость при температурах  $+20$  и  $-40 \text{ }^\circ\text{C}$  – 0,8 и 0,3 МДж/м<sup>2</sup>. Величины остаточных сжимающих напряжений в ободке колеса превысили примерно в 2–2,5 раза минимально допустимые значения по требованиям ГОСТ 10791.

УДК 681.7.068

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭНДОСКОПИИ ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ УЗЛОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

*В. С. ВОЙТЕКУНАС, А. В. ЧУБАКОВ, О. В. ХОЛОДИЛОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Визуальный осмотр всегда являлся неотъемлемым этапом контроля техники на протяжении всей истории ее развития. Каждое руководство по эксплуатации обязательно содержит требования к осмотру изделий как с помощью различных технических средств (лупа, микроскоп и т. п.), так и невооруженным глазом. Однако не всегда конструкция машины позволяет осмотреть необходимую ее часть. Так, с изобретением в середине прошлого века волоконной оптики появилась возможность «удлинить» человеческий глаз и создать метод внутреннего осмотра узлов и деталей машин с помощью технических эндоскопов (далее – эндоскопов). На сегодняшний день уровень развития цифровой и компьютерной техники позволяет упростить и повысить эффективность метода эндоскопии.

Принцип эндоскопического контроля основан на введении в область контроля оптической системы, позволяющей осматривать поверхность внутренних узлов машины без ее демонтажа и разборки, с минимальным объемом подготовительных работ [1].

Эндоскопы можно классифицировать по конструктивному исполнению (жесткие, гибкие, фиксируемой длины и телескопические) и по системе визуализации (линзовые, волоконные, градиентные и теле-, видео-).

В линзовых системах визуализации все операции над оптической информацией реализуются посредством элементов геометрической оптики (набор линз и призм). На таких системах могут быть построены только жесткие эндоскопы.

В волоконных системах визуализации используются гибкие световоды. Конструктивно световод представляет собой объединение гибких моноволокон диаметром 10–20 мкм в волоконно-