

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 Н/мм^2 , относительно 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/м². 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-

оптический жгут. При этом в оптически изолированных между собой моноволокнах имеется одназначная оптическая связь между его входным и выходным торцами.

Для обеспечения полного внутреннего отражения абсолютный показатель преломления сердцевины несколько выше показателя преломления оболочки, что обеспечивает прохождение света с минимальным ослаблением [2, 3].

Эндоскопический контроль применяется на различных стадиях производства и эксплуатации машин и механизмов, в том числе при входном контроле качества (выявление скрытых производственных дефектов нового оборудования и составление протоколов подкрепленных фотографиями дефектов); разработке и доводке новых изделий (обеспечение «чистоты эксперимента» при доводочных и ресурсных испытаниях, прослеживание технического состояния узла без демонтажа со стенда и без разборки этого узла, возможность заблаговременно определять и прогнозировать отказы, определять ресурс узлов); в технологии производства (обеспечение контроля качества изготовления и ремонта деталей и узлов на различных стадиях производства, проверка качество сборки); обслуживание и эксплуатация изделий.

При эндоскопическом контроле определяется наличие поверхностных дефектов, в зависимости от конструкции и назначения машины (трещины, питтинг, прогары, каверны, очаги коррозии, дефекты покрытий, целостность внутреннего крепежа). Измеряется степень износа, проверяется правильность взаимного расположения деталей, находятя и извлекаются наружу инородные предметы. Этот вид контроля эффективно дополняет результаты таких методов НК, как радиографические, вихретоковые, а также толщинометрию и ультразвуковую дефектоскопию. Более того, в некоторых случаях (невозможность прямого доступа в зону контроля) эндоскопия является единственным возможным методом НК [4].

Важным фактором в обеспечении высокой надежности и безотказности подвижного состава (ПС) является высокоэффективное ремонтное производство и техническое обслуживание. Эффективность ремонтного производства определяется в свою очередь снижением затрат на ремонт и обслуживание, что возможно при переходе на систему ремонта по фактическому состоянию с использованием средств технической диагностики и безразборных технологий.

При эксплуатации ПС основными типами дефектов, приводящих к выходу оборудования из строя, являются усталостные трещины, развивающиеся на поверхностях деталей, закоксованность отверстий, клапанов дизеля, места ненормированного трения деталей машин, ослабление крепежей и т. д. Для их выявления с помощью эндоскопов контролируются следующие элементы ПС:

- экипажная часть тепловоза (автосцепное оборудование, тележки);
- дизель (рабочая камера сгорания), редуктор, турбокомпрессор, колесно-моторный блок;
- автотормозное оборудование (детали и узлы компрессора, трубопроводы, тормозные цилиндры и резервуары);
- электрические машины (осмотр механической части и генератора, щеточно-коллекторного узла и уплотнений моторно-якорных подшипников; проверка состояния губок контакторов, внутренних поверхностей дугогасительных камер).

Нами был создан комплекс, состоящий из гибкого эндоскопа ЭТГ 10-0,5 с осветителем ОВ-220, приставной видеокамеры CNB-EP300 с адаптером и компьютера для обработки изображений, который был опробован для контроля состояния элементов дизеля тепловоза в условиях деповского ремонта.

Эндоскопы позволяют оперативно конкретизировать результаты диагностики других методов [5]. В зависимости от поставленной задачи и специфики объекта контроля в состав комплексов могут входить эндоскоп, видео- или фотокамера с адаптером для подключения к эндоскопу, видеомонитор, принтер, компьютер [6].

Анализ научно-технической литературы свидетельствует о том, что применение эндоскопов для неразрушающего контроля и диагностики состояния ответственных узлов и механизмов имеет следующие достоинства:

- повышение надежности механизма благодаря выявлению дефектов на ранней стадии развития;
- исключение разборки исправных узлов и агрегатов (снижение количества перебравок);
- изменение периодичности проведения ремонтов (увеличения межремонтных пробегов);
- эффективно дополняют существующие диагностические приборы, расширяя возможности системы технического контроля;
- технология контроля оборудования представляет собой набор простых операций, не требующей высокой квалификации оператора.

В качестве недостатков следует отметить:

- влияние на результат контроля человеческого фактора;
- в некоторых случаях необходимо выполнять модернизацию контролируемых узлов для создания смотровых отверстий и каналов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Неразрушающий контроль и диагностика : справ. / В. В. Клосев [и др.]; под ред. В. В. Клосева – 2-е изд., исправ. и доп. – М. : Машиностроение, 2003.
- 2 Визуально-оптическая дефектоскопия и размерный контроль в литейном производстве / Е. И. Марукович и [др.] ; под ред. Е. И. Маруковича. – Минск : Белорусская наука, 2007. – 152 с.
- 3 Плетнев, С. В. Волоконно-оптические методы и средства дефектоскопии : науч.-метод. справ. пособие / С. В. Плетнев, А. И. Потапов, А. П. Марков. – СПб. : ЛИТА, 2001. – 312 с.
- 4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.olympus.co.ru/industr-use.html>. – Дата доступа: 25.05.2009.
- 5 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.s71.ru/>. – Дата доступа : 25.05.2009.
- 6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.endoskop.ru/>. – Дата доступа : 25.05.2009.

УДК 539.3

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КОЛЕБАНИЙ КОМПОЗИТНОЙ КРУГОВОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ

С. А. ВОРОБЬЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В связи с тенденцией постоянного увеличения мощности и быстроходности транспортных средств, узлов машин и оборудования происходит повышение их динамической нагруженности а также сооружений, в которых они могут находиться в условиях эксплуатации, испытаний, проведения ремонтов. В этой связи возрастает необходимость обеспечения эффективной и безопасной работы элементов конструкций при динамических воздействиях.

Одна из основных задач динамического расчета при проектировании любой конструкции – определение максимальных по модулю кинематических параметров колеблющихся элементов, знание которых позволяет в конечном итоге выполнить ее прочностной расчет. Кроме обеспечения прочности часто предъявляются требования по ограничению экстремальных значений перемещений, скоростей или ускорений конструктивных элементов. Это может быть обусловлено как необходимостью выполнения определенных режимов работы машины, так и устранением вредного влияния вибраций на персонал.

В работе рассматривается воздействие при нулевых начальных условиях мгновенного точечного импульса $q_z(\xi, \varphi, \tau) = \delta(\tau)\delta(\xi - \xi_p)\delta(\varphi - \varphi_p)$ на внешний несущий слой круговой цилиндрической сэндвич-панели. Здесь δ – дельта-функция, ξ_p, φ_p – координаты точки импульсного нагружения. Импульс направлен по нормали к несущему слою. Панель выполнена в виде трехслойного пакета несимметричного по высоте относительно срединной поверхности жесткого, несжимаемого в поперечном направлении? заполнителя. Для обеспечения совместной работы слоев панели предполагается, что на гранях контура установлены идеальные диафрагмы. В этом случае считается, что жесткость каждой из таких диафрагм очень велика в ее плоскости, но весьма мала в направлении, перпендикулярном к этой плоскости. Предполагается, что кромки панели свободно опираются на жесткие неподвижные опоры. Материалы слоев изотропные, линейно-упругие.

На основании вариационного принципа Гамильтона-Остроградского, используя гипотезы С. П. Тимошенко для каждого слоя и условия непрерывности перемещений на границах контакта слоев, получены уравнения движения. Деформации малы. Прогиб и углы поперечного сдвига считаются не зависящими от поперечной координаты z . Уравнения движения – система девяти линейных дифференциальных уравнений в частных производных для искомым неизвестных функций: тангенциальных перемещений вдоль направляющей и образующей, прогиба и полных углов поворота прямолинейных элементов относительно координатных осей в каждом слое панели.

Аналитическое решение сформулированной начально-краевой задачи строится с использованием метода Фурье, представляя перемещения в виде двойных тригонометрических рядов по координатным функциям, обеспечивающим автоматическое выполнение граничных условий. Подставляя функции перемещений в уравнения движения и используя свойство ортогональности координатных функций, приходим к бесконечному числу систем обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) относительно функций времени. Аналитические решения систем ОДУ получаем на основе интегрального преобразования Лапласа. Изображения компонентов вектора перемещений – дробно-