

народно-хозяйственного комплекса республики – создание конкурентоспособных технических средств для строительства.

Литература

1. Вавилов, А.В. Субконтракция и лизинг при производстве и реализации подъемно-транспортных и дорожно-строительных машин в Беларуси / А.В. Вавилов // Подъемные сооружения. Специальная техника. – 2008. – № 2. – С. 16–17.

2. Вавилов, А.В. Выбор машин и оборудования для заготовки топливной щепы в Белоруссии / А.В. Вавилов // Строительные и дорожные машины. – 2009. – № 8. – С. 20–22.

УДК 620.179

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ

Гарост М.М., Козлов А.В.

Белорусский национальный технический университет

(г. Минск, Республика Беларусь)

Для металлоконструкций грузоподъемных кранов (ГПК) характерны усталостные повреждения, приводящие к отказам техники и вызывающие аварийные ситуации. В связи с этим актуальной задачей является своевременное диагностирование усталостных повреждений металлоконструкций машин. Особенно остро эта проблема стоит при использовании ГПК со сверхнормативным сроком службы. После окончания нормативного срока службы для решения вопроса о возможности дальнейшей эксплуатации ГПК производится экспертиза промышленной безопасности. Критерием достижения предельного состояния крана в целом считают выработку ресурса несущей конструкции. Это объясняется тем, что предельный износ других, менее долговечных элементов машины (канатов, колес, тормозов и пр.) восстанавливается путем замены или ремонта.

Продление срока эксплуатации крана возможно в том случае, если выполнены следующие условия:

- конструкция не имеет повреждений, параметры которых превышают допустимые пределы (эти пределы указаны в нормативных документах);

- расчетный остаточный ресурс превышает срок очередного обследования;

- заключение эксперта не содержит отрицательных выводов.

Важнейшим методом установления реального состояния ГПК пока остаются их техническое диагностирование и экспертное обследование, результаты которых позволяют установить реальное состояние машин на данный момент и определить риск их опасности. При оценке технического состояния ГПК с целью продления срока их службы один из важнейших видов работ – проверка металлоконструкций.

В процессе эксплуатации они подвергаются циклическому нагружению, чаще всего в них возникают следующие дефекты: скрытые дефекты в сварных швах; сквозные трещины в сварных швах; поверхностные трещины в сварных швах; скрытые сквозные трещины в основном металле; нескрытые сквозные трещины в основном металле; расслоение металла; износ (механический или коррозионный).

В практике технического диагностирования металлоконструкций ГПК из большого числа известных методов неразрушающего контроля используют следующие: визуальный (ВК), визуально-оптический (ВОК), ультразвуковой (УЗК), вихретоковый (ВТК), магнито-порошковый (МПК), капиллярный (КК), радиографический (РГК) и радиоскопический (РСК).

Визуальный и визуально-оптический методы контроля основаны на способности человеческого глаза различать неоднородность отраженного от объекта светового потока. Скрытые дефекты, а также утончение металла в результате механического или коррозионного износа ВК или ВОК не выявляются, поэтому такие методы неразрушающего контроля применяют лишь для предварительной оценки технического состояния обследуемой конструкции.

В настоящее время широкое применение находят неразрушающие магнитные методы контроля в промышленности, в частности, измеряя коэрцитивную силу H_c , определяют физико-механические свойства металлоизделий. С помощью магнитных методов также оцениваются остаточные механические напряжения [1], степень

пластической деформации в ферромагнитных изделиях, накопление усталостных повреждений в процессе эксплуатации оборудования [2]. Например, в [3] экспериментально установлено, что с увеличением степени пластической деформации, а значит и уровня остаточных механических напряжений, растет H_c . При этом наблюдается однозначная связь между максимальным напряжением σ_{\max} в цикле и величиной H_c в разгруженном состоянии, что свидетельствует о возможности контроля остаточных напряжений путем измерения величины H_c .

В качестве основного контролируемого магнитного параметра выбрана величина коэрцитивной силы H_c , так как она практически всегда связана с пластической деформацией ε_{pl} при статическом и циклическом нагружении металлоконструкций в процессе длительной эксплуатации.

По своей природе H_c и ε_{pl} являются взаимосвязанными физическими параметрами, возрастающими при малоцикловом нагружении, как можно видеть при анализе магнитных и деформационных петель гистерезиса (рис.1). При этом коэрцитивная сила H_c и амплитуда необратимой деформации ε_{pl} могут быть определены через аналогичные выражения

$$H_c = B/E + (B/K)^{1/n}, \quad (1)$$

где B – остаточная индукция;

K – циклический коэффициент напряжения;

n – циклический коэффициент упрочнения.

$$\varepsilon_{pl} = \sigma/E + (\sigma/K)^{1/n}, \quad (2)$$

где σ – амплитуда нагружения ($\sigma = \sigma_a$);

E – модуль упругости.

При наличии устойчивых корреляционных зависимостей по величине коэрцитивной силы H_c можно вести контроль уровня пластической деформации ε_{pl} и прогнозировать остаточный ресурс металлоконструкций в процессе эксплуатации ГПК.

На практике все виды сталей, применяемых в производстве ГПК, относятся к классу разупрочняемых ($n < 1$), а величина H_c меняется в диапазоне 2 – 20 А/см для сталей типа СтЗ, ВстЗсп5, ВстЗпс4, сталь 20, сталь 65 Г.

Изменение материала в зонах концентраций напряжений контролируют также методом акустической эмиссии (АЭ) [4]. Опасность дефекта при этом характеризуется не его размером, а скоростью накопления повреждений. В процессе АЭ контроля выявляются развивающиеся и склонные к развитию дефекты, проявляющиеся в процессе изменения нагрузки, определяется их местоположение и оценка их опасности. Для проведения АЭ контроля может использоваться цифровая АЭ система «A-Line 32D» с преобразователями акустической эмиссии (ПАЭ) типа GT-200 [3].

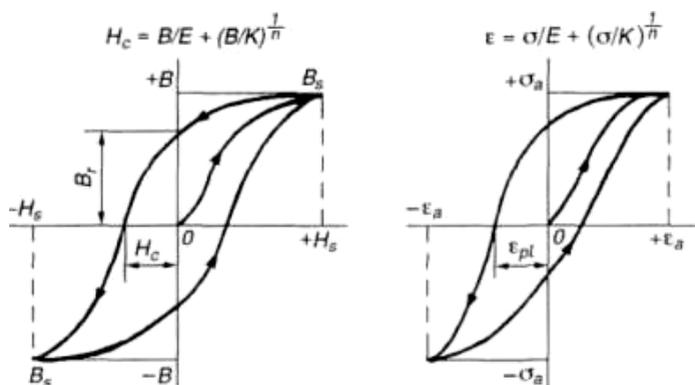


Рис. 1. Магнитная и деформационная петли гистерезиса при малоцикловом нагружении:

B_r – остаточная индукция; K – циклический коэффициент напряжения;
 ϵ_{pl} – остаточная деформация; σ_a – амплитуда нагружения;
 n – циклический коэффициент упрочнения

ПАЭ устанавливается на зачищенную до металлического блеска поверхность объекта контроля через контактную смазку и крепится магнитными держателями.

В ходе диагностирования обеспечивается 100 % АЭ-контроль основного металла и сварных соединений конструкции. С целью минимизации помех АЭ-диагностика должна проводиться на неподвижной машине вдали от источников механических шумов.

Метод АЭ позволяет качественно оценить состояние болтовых соединений несущих элементов ГПК. К основным преимуществам метода АЭ относится обеспечение стопроцентного контроля всей металлоконструкции за один цикл измерений, а также оценка качества болтовых соединений. Применение метода АЭ позволяет регистрировать места как развивающихся дефектов, так и потенциальных дефектов еще на стадии их зарождения, что дает возможность оценить накопленные повреждения металлоконструкций в результате длительной эксплуатации и гарантирует достоверное выявление дефектов.

В Курганском государственном университете (Россия) разработан метод применения металлических пленок, который позволяют определять степень усталости и ресурс сварных конструкций [2]. Он основан на регистрации микросдвигов, которые передаются с поверхности эксплуатируемой конструкции на высокочувствительную пленку. Пленка работает благодаря роду ее металла, в упругопластической области, в то время как метал конструкции – в упругой и упругопластических областях. В местах действия максимальных микросдвигов на поверхности пленки появляются отдельные линии скольжения. С увеличением продолжительности циклического воздействия происходит непрерывный процесс возникновения и роста линий скольжения, которые в совокупности приводят к появлению единичных вытянутых темных пятен размером до 0,01 мм, постепенному их объединению в группы, схожие по внешнему виду с трещинами. Развитие линий скольжения на поверхности пленки отображает процесс накопления усталостных повреждений в металле конструкции до момента возникновения трещин.

Пленки обладают свойствами интегральности, поэтому их используют как датчики накопления усталостных повреждений (ДНУП). Пленки требуемой формы и размеров наклеивают на зачищенную до металлического блеска поверхность конструкции. Съем полезной информации с ДНУП осуществляют оптическим методом.

Снятые с конструкции ДНУП подвергают лабораторному обследованию под микроскопом. Состояние темных пятен ДНУП фотографируют. Информации с двух-трех мест на ДНУП достаточно для диагностики усталостного повреждения.

Для обеспечения безопасной эксплуатации мостовых кранов с истекшем нормативным сроком службы предлагается экспериментально новый метод оценки остаточного ресурса металлоконструкций с использованием пленочных ДНУП. Он учитывает фактическое накопление усталостных повреждений до начала появления трещин как в основном металле, так и в локальных зонах сварных соединений.

К недостаткам метода можно отнести то, что для его реализации на мостовых кранах требуется примерно год.

Известен метод диагностирования состояния металлоконструкций с помощью углеродных волокон [5]. Предлагаемый метод диагностирования напряженно-деформированного состояния (НДС) металлоконструкции основан на ручной пропитке углеродного волокна (способного реагировать изменением своего электрического сопротивления на изменение внешней нагрузки) связующим. Данную технологическую операцию производят непосредственно по месту, когда заранее неизвестно, какая потребуется длина углеродного волокна. При ручной пропитке невозможно обеспечить равномерное распределение связующего между элементарными нитями, большие включения которого приводят к снижению прочности и значительному разбросу электрофизических свойств микроуглепластика.

Предлагаемый способ рекомендуется для диагностирования металлоконструкций машин и строительных сооружений в режиме реального времени. Способ обеспечивает получение своевременной и достоверной информации, что позволит более точно планировать срок эксплуатации конструкции и проведение ремонтно-восстановительных работ.

Литература

1. Попов, Б.Е., Магнитная диагностика металлургических кранов / Б.Е. Попов, Е.А. Левин // Тяжелое машиностроение. – 2006. – № 1. – С.17–21.

2. Экспериментально-расчетный метод прогнозирования остаточного ресурса металлоконструкций мостовых кранов с использованием металлических пленок / Троценко Д.А. [и др.] // Безопасность труда в промышленности. – 2006. – № 1. – С. 25–28.

3. Сызранцев, В.Н., Измерение технических деформаций и прогнозирование долговечности деталей по показаниям датчиков

деформаций интегрального типа / В.Н. Сызранцев, С.Л. Голофаст. – Новосибирск: Наука, 2004. – 206 с.

4. Кузьмин, А.Н., Акустико-эмиссионная дефектоскопия грузоподъемных механизмов / А.Н. Кузьмин, С.Ю. Филиппов // Технология машиностроения. – 2009. – № 1. – С. 36–38.

5. Новый метод диагностирование дорожно-строительной техники с использованием углеродных волокон / Строительные и дорожные машины. – 2008. – № 10. – С. 26–28.

УДК 69.002.5 – 82

МОДУЛЬНЫЕ ДОЗИРУЮЩИЕ СИСТЕМЫ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

*Котлобай А.Я., канд. техн. наук, доцент,
Котлобай А.А.*

Белорусский национальный технический университет

(г. Минск, Республика Беларусь)

Введение

При создании гидравлических приводов ходового и рабочего оборудования мобильных строительных, дорожных и сельскохозяйственных машин реализуются требования синхронизации движения гидравлических моторов привода ряда потребителей. Эта задача решается применением в контурах потребителей делителей потока. Делитель потока обеспечивает работу контуров потребителей с различными параметрами рабочего процесса.

Структурные схемы модульных дозирующих систем

Предложено принципиальное техническое решение деления потока рабочей жидкости насоса, состоящее в дискретной подаче фиксированных объемов рабочей жидкости последовательно по напорным магистралям потребителей. Насос многомоторного привода работает каждый дискретный промежуток времени с контуром одного потребителя, и последовательно подключается к контуру каждого потребителя гидросистемы. Нагрузочные режимы различных контуров не оказывают взаимного влияния.