



Двухэтапное обследование

Обоснование системы и порядка применения методов НК при техническом диагностировании крановых металлоконструкций

Максим МИНИГУЛОВ,

директор

Евгений ПЕТРОВ,

эксперт

Денис ОПРЯ,

эксперт

ООО «Промышленная экспертиза»

Вячеслав ЧУБЫРИН,

эксперт

Александр БОЙКОВ,

эксперт

ООО «Триботехнологии»

Константин ПОЗЫНИЧ,

доцент кафедры «Транспортно-технологические системы в строительстве

и горном деле» ТОГУ, к.т.н.

В настоящее время пригодность грузоподъемных кранов к дальнейшему использованию определяется техническим состоянием их базовой части – несущих (расчетных) металлических конструкций. Ухудшение технического состояния (деградация) металлоконструкции в процессе эксплуатации зависит от совокупности внешних и внутренних факторов. Внешними являются механические (силовые) и физико-химические воздействия (тепловые и коррозионные). К внутренним относятся свойства материала, размеры и конфигурация конструкции, накопленные повреждения и прочие.

Как известно, эксплуатация грузоподъемного крана возможна и за пределами срока службы, установленного его производителем. Срок сверхнормативной эксплуатации зависит от технического состояния крана, условий его эксплуатации и прогнозируемого остаточного ресурса, под которым понимается остаточный ресурс крановых несущих (расчетных) металлоконструкций.

В общем случае наступление предельного состояния металлоконструкций возможно при их следующих ведущих повреждениях: пластической деформации, хрупком разрушении, усталостном повреждении, потере устойчивости, коррозионном повреждении, изнашивании, чрезмерной упругой деформации (по величине или времени затухания), отрицательном прогибе (накоплении и росте остаточной деформации), деградации свойств стали. В зависимости от типа крана и его назначения, условий и режима эксплуатации в несущей металлоконструкции могут развиваться различные ведущие повреждения, вызванные теми или иными процессами, указанными выше.

Так, опыт эксплуатации грузоподъемных кранов показывает, что с течением

времени у многих из них имеет место непрерывное нарастание остаточных деформаций (прогибов) несущих металлоконструкций, то есть деформаций, не исчезающих после прекращения действия внешних силовых воздействий. Наиболее характерно данное обстоятельство для главных балок мостов кранов мостового типа и секций телескопических стрел кранов стрелового типа. Конструкция перестает удовлетворять предъявляемым к ней эксплуатационным требованиям, хотя и сохраняет прочность и устойчивость.

Значительные деформации создают определенные технологические и эксплуатационные трудности, а также ухудшают внешний вид кранов. Возникающая концентрация пластических деформаций переводит металл в состояние, близкое к разрушению, или к изменению механических свойств в неблагоприятную сторону, например, по механизму деформационного старения. Имеющиеся концентраторы напряжений наряду с модификацией свойств металла вызывают концентрацию эксплуатационных напряжений и интенсивное развитие пластической деформации, начинающейся при весьма низком уровне

напряжений ($\sigma/\sigma_T = 0,15$) и быстро возрастающей по мере увеличения внешней нагрузки.

Если не проводить постоянную регистрацию данных наблюдений за деформированным состоянием конструкции, то для работающих кранов восстановить историю развития остаточных деформаций или спрогнозировать их развитие во времени практически невозможно. Тем большую значимость приобретают исследования, посвященные изучению развития остаточных деформаций крановых металлоконструкций, возникающих на различных этапах изготовления и эксплуатации.

Одним из действенных и перспективных мероприятий по обеспечению промышленной безопасности технических устройств (ТУ) является мониторинг технического состояния (ТС) оборудования. Он предусматривает проведение экспертной технической диагностики с помощью неразрушающего контроля (НК), при этом, как правило, ТУ выводится из рабочего режима.

Также необходимо отметить, что применяемые методы НК не в состоянии осуществить диагностику развивающихся повреждений. Они призваны лишь выявить физически существующие дефекты материала, превышающие допустимые нормы на момент проведения экспертизы промышленной безопасности, что, по существу, является конечной стадией деградации материала. Таким образом, текущее состояние оборудования, процессы появления микроповреждений в длительно работающем материале не подлежат контролю, хотя эти зарождающиеся дефекты имеют тенденцию к развитию и поэтому наиболее опасны. Именно они приводят к внезапным поломкам оборудования, являясь причиной аварий и травматизма обслуживающего персонала.

Кроме того, многие исследователи и эксперты подчеркивают, что порядок применения методов НК не имеет научно обоснованной системы, поэтому объем контроля не позволяет выявить потенциально опасные зоны.

Все вышесказанное говорит в пользу того, что для повышения безопасности



Рис. 1. Структурная схема определения остаточного ресурса потенциально опасных объектов, подконтрольных Ростехнадзору



(остаточных) напряжений, установление фактических структурно-механических характеристик металла с применением экспресс-методов НК, к которым отнесены пассивные методы НК, использующие внутреннюю энергию металла конструкций: метод акустической эмиссии, МПМ, тепловой метод. Все они получили в настоящее время наибольшее распространение на практике для ранней диагностики повреждений оборудования и конструкций. Утвержден и введен в действие новый стандарт ГОСТ Р 53006-2008 [3], где приведена структурная схема определения остаточного ресурса потенциально опасных объектов, подконтрольных Ростехнадзору, с акцентом на современные экспресс-методы технической диагностики (см. рисунок) и отражены следующие основные положения:

- в качестве основных критериев предельного состояния металла предложено использовать фактические энергетические характеристики, которые можно определить экспресс-методами НК;
- учтены новые требования Ростехнадзора к экспертному обследованию ТУ, а также требования Федерального закона «О техническом регулировании»;
- скорректирована структурная схема определения остаточного ресурса с акцентом на современные экспресс-методы технической диагностики;

■ поверочные расчеты на прочность с оценкой остаточного ресурса предложено выполнять для ЗКН ТУ, остающихся в эксплуатации, с учетом фактических структурно-механических свойств металла, выявленных при обследовании.

При реализации положений предлагаемого стандарта представляется возможным в большинстве случаев без выполнения сложных поверочных расчетов на прочность делать экспертную оценку ресурса ТУ на основе технической диагностики с применением комплексного подхода и назначать срок безопасной эксплуатации. Для конкретного ТУ возможна разработка более конкретной методики оценки ресурса с учетом его специфических особенностей.

Литература

1. Соколов С.А. *Металлические конструкции подъемно-транспортных машин / Учебное пособие. СПб: Политехника, 2005 год.*
2. Родюшкин В.М. *От поиска дефектов к поиску преддефектного состояния / Вестник научно-технического развития Национальная Технологическая Группа. 2009 год, № 4 (20); URL: www.ntgcom.com (дата обращения: 19 февраля 2015 года).*
3. ГОСТ Р 53006-2008. *Оценка ресурса потенциально опасных объектов на основе экспресс-методов. Общие требования.*

эксплуатации ТУ необходимо перейти от поиска результата развития повреждения к выявлению факта ухудшения технического состояния (начала процесса деградации) металлоконструкции с фиксацией мест (участков, зон) преддефектного состояния, где физически существующего разрушения еще нет, но найденные области материала по своему ТС не соответствуют нормативному. Это даст основание проводить тщательный контроль и поиск дефектов именно в этих местах.

Технология такого подхода в отношении грузоподъемных кранов на примере метода магнитной памяти металла (МПМ), который весьма удобен при контроле протяженных металлических конструкций, характерных для грузоподъемных кранов, видится в следующем. Первоначально с помощью феррозондового магнитометра, например, индикатора концентрации напряжений ИКН-1М-4, являющегося в данном случае «индикатором» преддефектного состояния, качественно оценивается наличие связи между структурными изменениями в металле при циклическом нагружении и величиной намагниченности в направлении действия главных напряжений от рабочих нагрузок с выявлением ЗКН – зон повышенного риска появления дефекта. Далее на основании полученных результатов переходят к обновленной «адресной» процедуре технического обследования в ЗКН с использованием инструментального и измерительного контроля, ультразвуковой толщинометрии или дефектоскопии, твердометрии и тому подобных методов для определения ведущих повреждений, при которых возможно наступление предельного состояния металлоконструкций. Такое двухэтапное диагностирование с поиском потенциально опасных «преддефектных» зон позволит, во-первых, сократить объем и время проведения работ по диагностике ТУ, во-вторых, определить набор применяемых методов НК, который будет более адекватен текущему состоянию материала, а в-третьих, повысить достоверность оценки реального технического состояния ТУ. В конечном счете это даст возможность поднять безопасность его дальнейшей эксплуатации.

Актуальность сказанного подтверждается тем, что в последние годы наметилась тенденция перехода от традиционной дефектоскопии к технической диагностике ТУ с применением комплексного подхода, включающего в себя определение параметров дефектов, оценку распределения внутренних