

## ОБ ОПЕРАТИВНОМ ИССЛЕДОВАНИИ ПРИЧИН ОТКАЗА ЭЛЕМЕНТА БАШЕННОГО КРАНА

В докладе представлены материалы исследований причин выхода из строя тормоза башенного крана, вызванного преждевременным износом стальных фрикционных пластин. Применен метод неразрушающего контроля на основе электронно-компьютерной системы «Прочность». В основе метода лежит безобразцовый способ оценка механических характеристик исследуемого металла, полученных при анализе промежуточных характеристик ударного внедрения в него конического индентора. Представлена технология исследования, результаты полученных измерений, заключения.

*Ключевые слова:* неразрушающий контроль, механические характеристики, испытания металлов, диагностика, прочность.

## ON THE OPERATIONAL STUDY OF THE CAUSES OF FAILURE OF AN ELEMENT OF A TOWER CRANE

The report presents the materials of research on the causes of failure of the tower crane brake caused by premature wear of steel friction plates. The method of nondestructive testing based on the electronic computer system "Strength" was applied. The method is based on the ugly method of evaluating the mechanical characteristics of the metal under study, obtained by analyzing the intermediate characteristics of the shock introduction of a conical indenter into it. The research technology, the results of the measurements, conclusions are presented.

*Keywords:* nondestructive testing, mechanical characteristics, testing of metals, diagnostics, strength.

Известно, что наряду с машинами угольной и горнорудной промышленности, грузоподъемные машины требуют обеспечения максимальной надежности из-за особой тяжести последствий возможных отказов. При этом у грузоподъемных машин со сроком службы от 5 до 20 лет имеют массовый характер повреждения металлоконструкций. Одной из причин отказов элементов конструкций является недостаточная прочность металла. Определение одной из сторон прочности — напряжений в элементах решается моделированием схемы нагружения машины в эксплуатации с последующей оценкой напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкции еще на стадии проектирования и изготовления. А на стадии эксплуатации — путем инструментального обследования, например с помощью магнитного структуроскопа, также с возможностью получения картины НДС [1]. Вторую сторону прочности — способность к сопротивлению материала этому НДС получить гораздо сложнее. Во-первых, следует иметь в виду, что разрушающий контроль прочности практически исключается, а информация об используемом в машине металле может просто отсутствовать.

Во-вторых, даже при наличии информации о материале в процессе эксплуатации его механические характеристики могут меняться. В отдельных случаях, когда отказ элемента происходит много раньше заявленного в технической документации ресурса, требуется анализ причин такого отказа. В этом случае необходимо применение неразрушающего контроля металла. Такое исследование возможно на основе использования системы неразрушающего контроля механических характеристик «Прочность» [2–4]. В ее основе лежит видоизмененный метод оценки твердости по Роквеллу. При этом угол в  $120^\circ$  конуса индентора изменен на  $90^\circ$ , а статическое вдавливание заменено на ударное внедрение с энергией 0,16 Дж. Электронный блок системы с помощью датчика, встроенного в ударный механизм, регистрирует график изменения скорости индентора при его внедрении в контролируемый металл, интегрированием которого получают график пути по времени, а дифференцирования графика скорости получают график ускорения. Экстремальные значения скорости, пути и ускорения, зафиксированные на графиках, с помощью корреляционного анализа ставятся в соответствие

с полученными на этих же материалах стандартными испытаниями пределов текучести, прочности, относительного удлинения и твердости. В результате проведенных исследований на десятках марок стали полученные корреляционные зависимости стандартных и экстремальных значений промежуточных характеристик заносятся в электронный блок, что позволяет практически мгновенно получать значения пределов текучести, прочности, относительного удлинения и твердости. Программа [5] расчета пределов текучести  $\sigma_r$ , прочности  $\sigma_b$ , относительного удлинения  $\delta$ , % и твердости НВ, причем уже в ранжированном по возрастанию предела прочности порядке, написана так, что в результате измерений на дисплее ноутбука можно видеть и графики промежуточных характеристик внедрения индентора. Систему можно применять в любом месте конструкции, которое имеет площадь не менее 10 см<sup>2</sup>. При этом коррозия, краска или неровности снимаются ручной шлифовальной машиной.

Система «Прочность» была использована с целью диагностирования причин выхода из строя тормоза ТМТ-42 (прослужившего около 1 года) электродвигателя МАП-422 механизма подъема башенного крана КБ-515.

После демонтажа и разборки тормоза при визуальном обследовании были обнаружены значительный износ поверхностей фрикционных пластин и существенные деформации в местах их крепления. На исследуемых пластинах производили по 10 уколов. Результаты измерений на пластинах были идентичны. Поскольку по условиям изготовления и после эксплуатации пластины имели ровную плоскую шлифованную поверхность, ее предварительной подготовки не требовалось. При контроле пластин измерялись механические характеристики на рабочей поверхности и в местах, прилегающих к креплению. Известно, что механические характеристики наилучшим

образом описываются трехпараметрическим законом Вейбулла, имеющим параметр сдвига или минимальное значение оцениваемой случайной величины. Поэтому полученные значения были обработаны на соответствие их параметров этому закону распределения по методу моментов. Обнаружилось, что минимальные значения предела текучести в местах крепления пластин 236 МПа, предела прочности 381 МПа при твердости 93 НВ. На рабочей поверхности соответственно минимум предела текучести составил 254 МПа, минимум предела прочности 396 МПа, а минимальное значение твердости 120 НВ. Из технической документации на тормоз ТМТ-42 следует, что пластины должны изготавливаться из стали 45 с пределом прочности 530 МПа, пределом текучести 275 МПа и твердостью по Бринеллю 156 НВ.

#### **Выводы**

Для диагностирования причин выхода из строя тормоза ТМТ-42 электродвигателя МАП-422 механизма подъема башенного крана КБ-515 с помощью неразрушающего контроля исследованы механические характеристики фрикционных пластин с оценкой их минимальных значений.

Используемый метод может применяться и применяется для контроля прочностных возможностей стальных деталей машин и металлоконструкций как при диагностических работах по анализу причин отказа, так и при необходимости проверки соответствия их характеристик заявленным в технической документации.

#### **Заключение**

Полученные в результате исследований значения пределов текучести и прочности, а также твердости не соответствуют характеристикам стали 45, указывают на низкие прочностные возможности металла как причину преждевременного выхода из строя тормоза и полностью объясняют выявленные деформации пластины в местах крепления и значительный их износ.

#### **Список литературы**

1. Емельянова Г. А. Методология повышения надежности грузоподъемного оборудования при обеспечении требуемых критериев риска : дис. ... д-ра техн. наук / Галина Александровна Емельянова. — Москва, 2016. — 280 с.
2. Пат. № 2128330 Рос. Федерация. Способ определения технологических и эксплуатационных свойств материалов и устройство для его осуществления / Д. М. Беленький, А. Н. Бескопильный, Л. Г. Шамраев, зарег. 08.01.1997.
3. Беленький Д. М. Опыт диагностики металлических конструкций / Д. М. Беленький, А. Н. Бескопильный, Н. Л. Вернези // Изв. высш. учеб. заведений. Строительство. — 2003. — № 1 (529). — С. 99–102
4. Вернези Н. Л. О контроле прочности металла стальных конструкций / Н. Л. Вернези, А. А. Веремеенко, Д. С. Вальдман // Инженерный вестник Дона. — 2015. — № 3. — URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3329> (дата обращения: 20.10.2019).
5. Бескопильный А. Н., Веремеенко А. А., Вернези Н. Л. Вектор 2015. Программа для ЭВМ. Зарегистрирована в Государственном реестре программ для ЭВМ Российской Федерации 15.01.2015. Свидетельство № 2015610650.