

ЛИТЕРАТУРА

1. Оценка локальной проницаемости пористых порошковых материалов / П.А. Витязь, В.М. Капцевич, Л.П. Пилиневич и др. // Порошковая металлургия. — 1985. — № 6. — С. 55–57.
2. Исследование особенностей гидравлических характеристик пористых прокатных сетчатых материалов / Б.А. Пермяков, В.А. Ложкин, В.И. Макарошкин и др. // Порошковая металлургия. — 1979. — № 3. — С. 83–85.
3. Свойства пористых порошковых материалов из алюминия / П.А. Витязь, В.М. Капцевич, А.Н. Сорокина и др. // В кн. Порошковая металлургия. — Мн.: Вышэйшая школа, 1986. — Вып. 10. — С. 11–15.
4. Main Aspects of the Theory and Technology of Producing Permeable Materials with the Organized Porous Structure Through Deformation Processing / Y. Piatsiushyk, O. Reut, A. Yakubouski, L. Boginsky // 15 International Plansee Seminar, Austria, Reutte, 2001, V 3, S. 285–299.
5. Белов С.В. Пористые металлы в машиностроении. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1981. — 247 с.
6. Гуменюк Л.О., Лотыш В.В. К использованию адаптивных методов бинарной сегментации изображений для изучения пористости дисперсных материалов // Физика и техника высоких давлений. — 1999. — Т.9. — №2. — С.39–40.
7. Пористые проницаемые материалы: Справочник / Под ред. С.В. Белова. — М.: Металлургия, 1987. — 335 с.
8. Эффективность спеченных проницаемых материалов различного назначения / П.А. Витязь, В.К. Шелег, В.М. Капцевич, В.В. Мазюк. // В кн. Порошковая металлургия. — Мн.: Вышэйшая школа, 1984. — Вып. 8. — С. 66–70.

УДК 621.874

Г.В. Селиверстов

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ УСТАЛОСТНОЙ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ НЕСУЩИХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ ОПТИЧЕСКОЙ РЕФЛЕКТОМЕТРИИ

*Тульский государственный университет
Тула, Россия*

Рассматривая работу несущих металлоконструкций при переменном во времени нагружении, можно отметить что, как правило, ее критическим со-

стоянием является усталость или истощение трещиностойкости. Процесс накопления усталостной повреждаемости элементом конструкции грузоподъемного крана находит свое отражение, в первую очередь, в поверхностных слоях материала, и если на первых стадиях обнаружить и получить их количественную оценку можно только с помощью специальных приборов, то в начале второго этапа (линия Френча) это можно сделать визуально с помощью простейших увеличительных средств. Причем каждой стадии усталости соответствуют свои изменения рельефа поверхности от появления линий скольжения до образования макротрещин критического размера [1].

Наблюдения за характером изменения состояния поверхности в процессе увеличения числа циклов может дать качественную и количественную информацию, как о степени интегрального повреждения, так и о дискретности повреждения структуры в наблюдаемой зоне предразрушения и последовательного продвижения зоны вследствие прироста трещины.

Для реализации данного метода на кафедре ПТМиО Тульского государственного университета был разработан следующий способ, показанный на рис. 1 [2, 3].

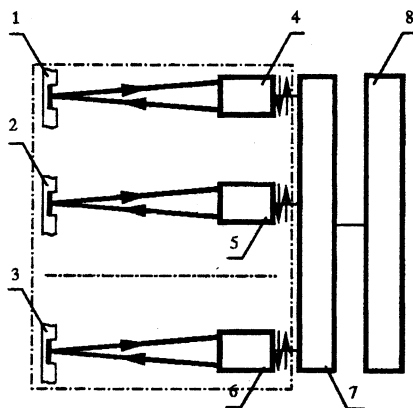


Рис. 1. Схема устройства для автоматизированной диагностики металлоконструкций: 1, 2, 3 — места наиболее вероятного разрушения металлоконструкции с подготовленными контрольными площадками; 4, 5, 6, — оптоэлектронные преобразователи; 7 — блок сопряжения; 8 — персональный компьютер

Для его применения на исследуемой металлоконструкции крана определяют слабые места — места наиболее вероятного разрушения. В местах наиболее вероятного разрушения в зоне предполагаемого прохождения и разви-

тия трещины подготавливают контрольные площадки. Контрольная площадка представляет собой участок поверхности, обработанный с высокой чистотой. Для сканирования поверхностей контрольных площадок применяют оптические рефлектометрические датчики, реализующие принципы регистрации параметров рассеянного контролируемой поверхностью оптического излучения. При сканировании контрольных площадок датчики осуществляют равномерное поступательное движение в направлении перпендикулярном предполагаемому развитию макротрещины. Движения сканирования и возврата датчиков осуществляют с помощью электроприводов.

Развитие микротрещин до макротрещин критического размера связано с переходом микротрещины через границу зерна и ее распространением в плоскости, перпендикулярной направлению приложенной нагрузки в условиях реализации плоскодеформированного напряженного состояния у вершины трещины. На этой стадии распространения трещины на поверхности разрушения наблюдается образование характерной бороздчатости, и трещина распространяется при низких значениях коэффициента интенсивности напряжения у ее вершины, соответствующей условиям плоской деформации. Таким образом, вместо рассмотрения всей поверхности контрольной площадки можно ограничиться рассмотрением одного его сечения, перпендикулярного направлению приложенной нагрузки, вблизи концентратора напряжений.

Обнаружение и количественная оценка изменений оптических свойств поверхности контрольных площадок служит мерой степени усталостного повреждения исследуемой металлоконструкции, а наличие трещин может служить поводом для приостановки работы грузоподъемного механизма и проведения ремонта, так как их наличие в металлоконструкции не допускается.

Информационный сигнал о наличии или отсутствии на поверхности контрольных площадок усталостных повреждений содержится в световом потоке, формируемом рассеянным контролируемой поверхностью оптическим полем на входе приемной части рефлектометрического фотопреобразователя [4]. Интегральным показателем оптических свойств контролируемой поверхности служит плотность пространственного распределения рассеянного поверхностью оптического излучения подсвета — индикатрисса рассеяния. Информативными параметрами, характеризующими дефектность поверхности, являются параметры формы индикатриссы рассеяния. Аномалии поверхности проявляются через отклонения параметров процесса отражения от начальных углов: падения ψ излучения подсвета и отражения θ рассеянного поверхностью излучения (крупные дефекты), коэффициентов яркости

$\beta(\theta, \psi)$ (мелкие дефекты), определяющих индикатрису рассеяния контролируемой поверхности. Яркость рассеянного поверхностью излучения внутри индикатриссы рассеяния является функцией параметров: σ — среднеквадратическое отклонение высот микронеровностей поверхности и a — корреляционный интервал, величина, характеризующая угол наклона граней микронеровностей.

Способы обнаружения усталостных повреждений по изменению оптических свойств поверхности контрольных площадок рефлектометрическим методом базируются на диагностике отклонений параметров рассеянного поверхностью светового потока от значений, характерных для поверхности контрольной площадки неповрежденного объекта — эталонной площадки. Вследствие шероховатости поверхности, нестабильности коэффициента отражения поверхности, внешних засветок и флуктуации прозрачности среды рассеяние света поверхностью эталонной площадки так же носит случайный характер, поэтому, основной задачей рефлектометрической диагностики усталостных повреждений является выделение флуктуации информационных параметров на фоне флуктуаций, вызванных неидеальностью характеристик поверхности и условий контроля.

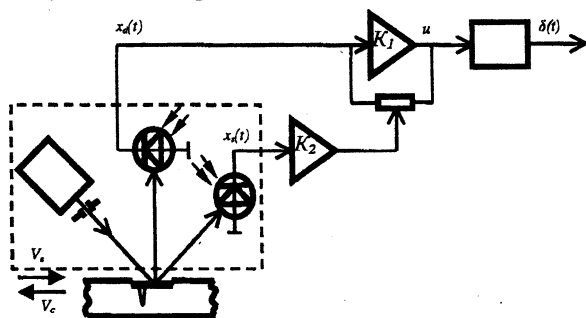


Рис. 2. Система обнаружения усталостных повреждений с линейной коррекцией усиления диффузного канала

Перспективные способы обнаружения усталостных повреждений поверхностей контрольных площадок, основаны на анализе следующих характеристик: корреляционная функция поверхности, форма индикатриссы рассеяния, дисперсия индикатриссы рассеяния.

Для выбора оптимальной системы контроля была проведена оценка эффективности рефлектометрических способов контроля усталостных повреждений поверхностей контрольных площадок крановых металлоконструкций по величинам средних потерь и отношениям сигнал/шум.

Требования, предъявляемые к способу контроля, включают в себя высокую чувствительность к обнаружению трещиноподобных дефектов поверхности и нечувствительность к изменениям цветности. Требование по цветности связано с тем, что в течение срока эксплуатации крана возможно потемнение поверхности контрольных площадок. Эти изменения не должны влиять на достоверность контроля.

С учетом всех требований к способу контроля трещинообразования оптимальной является система, анализирующая параметры формы индикатриссы рассеяния и реализующая линейную коррекцию усиления диффузного канала, показанная на рис. 2.

Принцип работы системы заключается в управлении коэффициентом преобразования канала обработки диффузной составляющей рассеянного поверхностью поля K_1 , являющегося каналом контроля, в функции текущих значений зеркальной составляющей по каналу обработки, являющегося каналом коррекции.

Так как коэффициент усиления канала коррекции K_2 является функцией яркости диффузной составляющей рассеянного поверхностью светового потока, величина информационного сигнала зависит только от наличия на контролируемой поверхности механических дефектов и ее микрогеометрии.

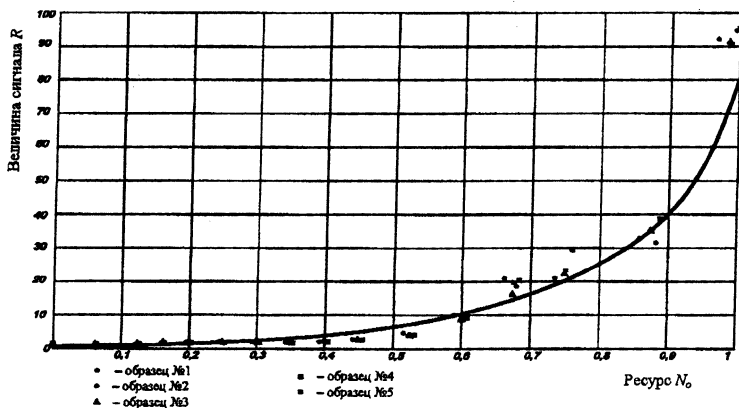


Рис. 3. Модель для определения остаточного ресурса

Форма индикатрисс показывает, что с увеличением числа полос скольжения, микротрещин и размеров усталостной макротрещины происходит перераспределение энергии рассеянного излучения внутри индикатриссы, что

проявляется в изменении соотношений между значениями относительных коэффициентов яркости зеркальной $\frac{R_z}{R_{\max}}$ и диффузной $\frac{R_d}{R_{\max}}$ составляющих индикатриссы. В процессе накопления повреждаемости величина корреляционного интервала a меняет свое значение от 35 до 5 мкм, а среднеквадратическое отклонение высот микронеровностей σ от 0,04 до 53,4 мкм.

В результате проведенных экспериментальных исследований на лабораторных образцах были получены данные о величинах сигналов с оптоэлектронных преобразователей R в зависимости от их относительного выработанного ресурса N_o (рис. 3).

Обработав полученные данные по методу наименьших квадратов было получено следующее уравнение регрессии:

$$N_o = 0,12343 + 0,20419 \cdot \ln R$$

Полученная модель позволяет оценить остаточный ресурс диагностируемого образца [5]. Проверка с помощью критерия Фишера подтвердила ее адекватность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коцаньда С. Усталостное растрескивание металлов. — М.: Металлургия, 1990. — 623 с.
2. Патент РФ №2170923, G01N21/88, G01B11/30. Способ диагностики работоспособности металлоконструкций./П.А. Сорокин, В.С. Дронов, Г.В. Селиверстов, А.В. Григорьев // 2001, — №20.
3. Сорокин П.А., Селиверстов Г.В., Колясников А.А. Способ автоматизированной диагностики металлоконструкций грузоподъемных кранов // Автоматизация и современные технологии. — 2001. — №1. — С. 5–7.
4. Сорокин П.А., Чистяков В.Л. Оптические способы обнаружения и классификация дефектов поверхности изделий // ВОТ. Серия 13. Комплексная автоматизация производства и роторные линии. М.: ЦНИИинформации. — 1990. — №11. — С. 28–38.
5. Сорокин П.А., Дронов В.С., Селиверстов Г.В. Определение остаточного ресурса металлоконструкций грузоподъемных кранов с помощью оптико — электронных приборов // Материалы международной науч. — практич. конференции «Теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики». — Новочеркасск: НАБЛА, 2001. — С. 41–44.