

Неразрушающий контроль стальных канатов магнитными дефектоскопами: документирование и интерпретация результатов

О.Гронау DMT, Бохум, Германия
С.Белицкий, В.Сухоруков ИНТРОН ПЛЮС, Москва

Документирование и правильная интерпретация результатов контроля актуальная проблема в различных видах неразрушающего контроля (НК): ультразвуковом, вихретоковом, радиационном, магнитном и др. Большинство современных дефектоскопов снабжается средствами обработки данных для получения документа о контроле. Этот документ обычно представляет собой отчет или протокол, содержащий информацию о контролируемом объекте, аппаратуре контроля и ее настройке, процедуре и условиях контроля и т.д.

Основная часть отчета выглядит как графическое представление данных контроля. Это может быть визуальный образ всего контролируемого объекта или его части (например, сварного шва) или схематическое представление данных (например, осциллограмма, двумерные или трехмерные представления сигналов дефектоскопов).

При НК стальных канатов результаты обычно представляются на ленте самописца или в двумерном виде с помощью принтера. Большинство существующих магнитных дефектоскопов канатов работают как двухфункциональные (двухканальные) приборы: один канал для измерения потери металлического сечения (ПС) каната, а другой для обнаружения локальных дефектов (ЛД). Регистрация по каналу ПС представляет собой значения потери поперечного сечения каната по металлу в зависимости от расстояния вдоль каната. Канал ЛД регистрирует сигналы датчиков, вызываемые локальными дефектами вдоль контролируемого каната, такими как обрывы проволок, локальная коррозия и т.д. Для получения отметок о расстоянии вдоль каната применяется датчик сигналов расстояния.

Браковочные критерии для канатов, находящихся в эксплуатации, учитывают предельные значения ПС и ЛД, а также изменения размеров и структуры каната.

В прошлом в дефектоскопах использовалась запись аналоговых сигналов на ленту самописца как основной способ представления данных. Безусловно, такая запись содержит наиболее полную информацию о состоянии каната, которая может быть правильно интерпретирована с целью идентификации возможных дефектов каната. Для реализации этого инспекторы должны быть квалифицированными и опытными. Кроме этого, требуется много времени для расшифровки записи, обычно имеющей большую длину. Несмотря на это, неизбежны ошибки, поскольку процессы интерпретации и идентификации субъективны. Другой недостаток регистрации самописцем фиксированные масштабы значений сигналов и расстояния. Поэтому трудно интерпретировать запись в широком диапазоне амплитуды сигналов, например, соответствующей обрыву металлического сердечника каната или месту его сращивания. Еще один недостаток проблема интерпретации при изменении скорости движения каната.

Процедура контроля с помощью дефектоскопов зависит от назначения каната и его места в оборудовании или конструкции. Так, процедуры контроля для канатов шахтных подъемов, для канатов лифтов или для стационарных (вантовых) канатов различны.

В частности, при контроле канатов шахтных подъемов или подъемных кранов для жидкого металла актуально требование минимизации времени контроля. Часто возникает необходимость получения данных контроля в реальном времени, чтобы остановить движение каната и осмотреть его сразу после появления значительных сигналов по каналам ЛД и ПС.

Совершенно другая процедура используется при контроле вантовых канатов. В этом случае магнитная головка дефектоскопа движется вдоль неподвижного контролируемого каната. Данные контроля передаются в электронный блок по кабелю и затем регистрируются или/и перегружаются в компьютер для дальнейшей обработки.

Процедура регистрации данных в реальном масштабе времени требует ее выполнения высококвалифицированным экспертом, который способен быстро интерпретировать запись. Конечно, результат контроля субъективен в этом случае.

Если используется процедура, ориентированная на применение компьютера, то данные контроля обрабатываются по алгоритмам, аккумулирующим опыт многих экспертов. Поэтому результат в этом случае более объективен.

Важная часть обследования документирование результатов контроля. В правилах и инструкциях многих стран содержатся требования к отчету о контроле. В соответствии с этими правилами этот отчет должен включать информацию о контролируемом канате (конструкция, размеры, положение, применение и т.д.), о применяемом дефектоскопе и его настройке, о процедуре контроля и о персонале его выполняющем. Более важная часть отчета дефектограммы каналов ПС и ЛД.

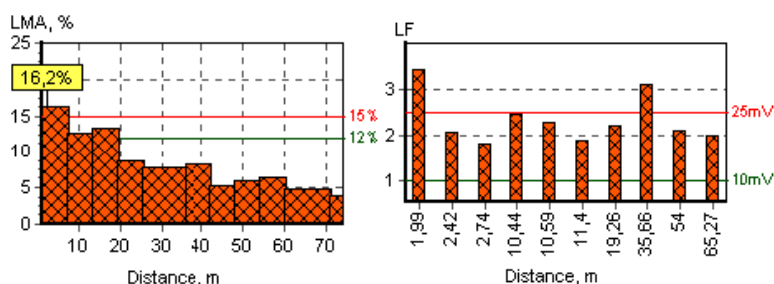


Магнитный дефектоскоп ИНТРОС для контроля стальных канатов, разработанный и выпускаемый ООО ИНТРОН ПЛЮС, можно использовать для контроля с применением обеих упомянутых выше процедур. Он состоит из универсального электронного блока и набора магнитных головок (рис.1) для контроля канатов различных конструкций и размеров [1]. Портативный микропроцессорный электронный блок (масса не более 0,8кг) используется как накопитель данных с памятью, способной хранить данные контроля для (2-12) км каната одновременно по каналам ПС и ЛД. Этот же блок может быть использован для представления данных при контроле в реальном масштабе времени в полевых условиях. В этом случае данные интерпретируются собственным символьным светодиодным дисплеем, световым и звуковым сигналами электронного блока. К электронному блоку можно подключить самописец. Регистрация сигналов возможна, как в реальном масштабе времени (в полевых условиях), так и с загрузкой данных в память электронного блока и последующей их передачей из памяти в компьютер по окончании контроля. Масштабы регистрации устанавливаются автоматически при калибровке прибора.

Благодаря портативности и автономности питания электронный блок может быть закреплен на магнитной головке для работы дефектоскопов в полностью независимом режиме при движении вдоль контролируемого каната в отдалении от оператора. Это весьма полезно при контроле вантовых канатов мостов или зданий.

Для обработки данных контроля после их перегрузки в компьютер предназначено программное обеспечение (ПО) WINTROS. Оно обеспечивает выполнение многих функций: фильтрацию разного рода, отсеку помех, смещение нуля, установку браковочного и сигнальных уровней сигнала, масштабирование по амплитуде сигнала и расстоянию (zoom), автомасштабирование, сшивание дефектограмм, совмещение некоторых сигналов по расстоянию и др. Последняя функция очень удобна для отслеживания состояния каната в течение срока службы. Важно уловить момент, когда скорость износа каната значительно возрастает. В этом случае интервалы времени между обследованиями каната должны быть сокращены.

Накопление данных контроля в электронном формате позволяют создать базы данных для множества канатов и обмениваться данными посредством современных средств коммуникации, например, посредством электронной почты.



Отчет о контроле, как заключительный документ, формируется в виде файла и печатается после обработки данных (рис.2). Он состоит из двух частей: текстовой и графической. Графическая часть включает в себя диаграммы, представляющие собой сжатую информацию о ПС (слева) и ЛД (справа). Расстояния вдоль каната, соответствующие этим сигналам, показаны внизу. Две горизонтальные линии на ПС-диаграмме показывают браковочный (верхняя) и сигнальный (нижняя) уровни ПС каната.

Эти диаграммы можно использовать в качестве основы для заключения о состоянии каната и его дальнейшем использовании без детального анализа дефектограмм, которые прилагаются к отчету в двух вариантах: один исходный, а второй после обработки, выполненной экспертом с помощью ПО WINTROS.

Таким образом, отчет о контроле служит исчерпывающим документом для экспертного заключения.

Дефектоскопы ИНТРОС применяются для контроля канатов различного оборудования и установок в России, на Украине, в Казахстане в течение ряда лет, а с 1998г. в Германии. Ниже приведены некоторые примеры интерпретации данных контроля.

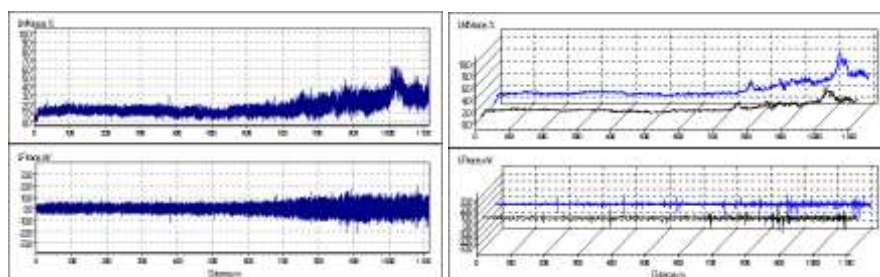


Рис.3 и 4 показывают дефектограммы канатов ПС и ЛД до (рис.3) и после (рис.4) обработки программой WINTROS. Дефектограммы ПС (рис.3. сверху) прошли низкочастотную фильтрацию (рис.4, сверху), а дефектограммы ЛД (рис.3, внизу) подвергнуты фильтрации

оптимальным фильтром и отсечке помех (рис.4, внизу). Рис.4 состоит из двух дефектограмм, полученных с 10-недельным интервалом для одного и того же каната. Все дефектограммы относятся к контролю тормозного каната диаметром 30,5 мм на грузо-людском подъеме двухъярусной клетки шахты Скалистая горнодобывающего предприятия Норильский никель. Из дефектограмм видно, что наиболее изношенный участок каната находится на расстоянии (800-1100)м от поверхности. Потеря сечения возросла здесь с 6,5% до 8,8% в течение 10 недель. Поэтому инспектор приказал контролировать канат ежемесячно, и когда ПС достигла 10%, канат был снят. Исследование каната подтвердило данные контроля, полученные дефектоскопом ИНТРОС.

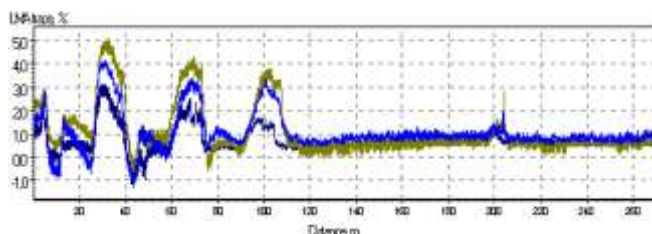


Рис.5 иллюстрирует дефектограммы сигналов, полученных при контроле каната мостового крана для жидкого металла на металлургическом заводе Северсталь. Дефектограммы ПС, полученные с интервалом в одну неделю, показывают 6 наиболее изношенных участков, сосредоточенных в части каната, ближайшей к ковшу с жидким металлом. Имеются 3 больших пика ПС и 3 меньших между ними. При исследовании каната оказалось, что первые три пика относятся к участкам каната, которые находятся на подвижных блоках, отстоящих от ковша на 3м в тот момент, когда ковш загружается жидким металлом. Эти участки испытывают динамическую нагрузку и высокую температуру одновременно. Поэтому проволоки этих участков повреждаются механически и теряют прочность из-за изменений структуры металла. Эти изменения влияют на сигналы ИНТРОСа, благодаря изменениям магнитных свойств проволок.

Три более низких пика связаны с участками каната на неподвижных блоках крана, которые расположены, по крайней мере, на расстоянии около 15м от ковша и не подвержены воздействию высокой температуры. Здесь имеются только механические повреждения проволок, без структурных изменений металла.

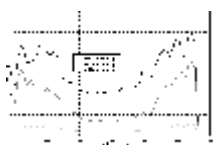
В течение срока службы каната ПС возрастает на всех пиках. Наибольшее увеличение ПС наблюдалось с 3% до 5% за 2 недели.

Богатейший опыт обследования стальных канатов за более, чем 100-летний период имеет Отделение TesTec компании DMT (ранее WBK Институт испытаний канатов) в Бохуме, Германия. В течение многих лет стальные канаты, применяемые в угледобывающей промышленности, обследуются этой компанией. Сегодня компания занимается обследованием широкого ассортимента канатов: канатов для калийных и соляных шахт, крановых канатов, вантовых канатов мостов и радиоантенн и т.д.

Магнито-индуктивные приборы, применяемые для этих целей, используют в качестве датчиков индуктивные катушки. Четыре дифференциальные катушки, которые окружают канат полукатушками в двух плоскостях, регистрируют поля рассеяния (4 ЛД сигнала). Применение четырехкатушечной системы и специальное размещение этих катушек позволяет обнаруживать обрывы проволок. Магнитный поток определяется измерительной катушкой, охватывающей канат. Магнитуда магнитного потока пропорциональна значению поперечного сечения каната по металлу (ПС сигнал).

Электронный прибор RTI снабжен встроенным самописцем для представления дефектограмм во время контроля. Данные контроля запоминаются картой памяти РСМСІА для дальнейшего исследования. Разработанное специальное программное обеспечение для исследования данных контроля позволяет определить максимум числа обрывов проволок по длине каната и найти участок с максимальной потерей сечения на канате. Максимум числа обрывов на единицу длины каната (вызванных усталостным изломом) и максимум потери сечения (вызванный коррозией и износом) являются браковочными критериями для определения момента снятия каната или спецификации циклов обследования канатов.

Применение катушек в качестве датчиков сигналов требует более сложной электроники и усложняет управление системой. Поэтому начиная с 1998г. исследовались возможные области применения дефектоскопа ИНТРОС основанного на применении датчиков Холла. В результате установлено хорошее совпадение в определении ПС обоими приборами. Дефектоскоп RTI показал явно большие амплитуды сигналов при распознавании обрывов проволок. Эти сигналы также распознавались прибором ИНТРОС с помощью дефектограммы канала ПС.



Программное обеспечение, разработанное для прибора RTI было адаптировано к ПО прибора ИНТРОС .

Пример определения ПС в течение срока службы каната представлен на рис.6. Эти результаты получены на шахтном подъеме головного предприятия DSK (Германия, угледобывающая промышленность). Поскольку в этой шахте высокая влажность, канаты достигают точки снятия с эксплуатации из-за коррозии и износа, а область наибольшего повреждения расположена в пределах участка ускорения для этих канатов.

Литература

1. В. Сухоруков. Обследование стальных канатов: новые приборы. 7ая Европейская конференция по НК, Копенгаген, 26-29 мая, 1998 (англ. яз.).