

ДЕФЕКТОСКОПИЯ СТАЛЬНЫХ КАНАТОВ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ТЕПЛОВОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

В.С. Котельников, канд. техн. наук (Госгортехнадзор России),
В.В. Сухоруков, проф., д-р техн. наук (ООО «Инtron Плюс»)

В 1998 г. в конвертерном цехе ОАО «Северсталь» на литейном кране во время плавки оборвался грузовой канат главного подъема с левой стороны траверсы. В результате рывка был выдернут подаватель ковша и оборван канат с правой стороны траверсы. Ковш, опираясь на горловину конвертера, опустился днищем на рабочую площадку и деформировал ее, вылилось около 50 т металла¹. К счастью, авария не привела к человеческим жертвам и травмам. Продолжительность простоя цеха составила 68 ч.

Стальные канаты с металлическим сердечником, изготовленные в ОАО «Череповецкий сталепрокатный завод» по ТУ 14-4-273—73 и установленные на мостовом кране конвертерного цеха ОАО «Северсталь», после аварии демонтировали и подвергли осмотру, прочностным и металлографическим исследованиям².

Технической экспертизой были выявлены причины обрыва: нагрев каната до температуры 600-800 °С и, как следствие, ухудшение физико-механических параметров, уменьшение его площади сечения за счет обрыва проволок.

В процессе производства стали конвертерным способом происходит интенсивный выброс пламени, возникающий при заливке жидкого

чугуна температурой 1250-1400 °С в конвертер. Элементы заливочного крана, в том числе канаты, в результате этих выбросов работают при резком перепаде температуры, который приводит к появлению термических циклов. Вследствие этого возникают пластическое деформирование элементов крана, остаточные деформации, образуются и развиваются трещины, обрываются проволоки и отдельные пряди канатов, снижается запас их прочности.

Стальные канаты относятся к основным элементам конструкции грузоподъемных кранов. Поскольку они не подлежат ремонту, российскими и украинскими правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов (ПБ 10-382—00) установлены предельные нормы браковки, при достижении которых канат подлежит замене (приложение 13). Состояние канатов необходимо проверять (визуальный и инструментальный контроль) при периодическом освидетельствовании кранов, которое выполняют не реже одного раза в год.

Визуально определяют деформации и нарушения конструкции каната, наличие наружных обрывов проволок, видимые следы температурного воздействия, коррозионного и абразивного износа наружных проволок. Очевидно, что этот метод контроля субъективен и позволяет оценить состояние каната только качественно: наличие деформации каната, обрывы наружных проволок, видимые повреждения в результате температурного воздействия или электрического дугового разряда.

Количественные критерии принимают при инструментальном

контроле. Площадь поперечного сечения канатов по стали и количество обрывов проволок на единицу длины ($6d$ или $30d$, где d — диаметр каната) определяют посредством магнитной дефектоскопии канатов по всей доступной контролю длине. Метод магнитной дефектоскопии, относящийся к инструментальным, позволяет получить объективные и документированные (выраженные в процентах) данные о потере площади поперечного сечения каната (ПС) по сравнению с номинальным значением площади поперечного сечения каната по стали. Важно, что ПС фиксируется независимо от вида повреждения проволок (абразивный и (или) коррозионный износ, обрывы и (или) утрата отдельных проволок) и положения участков с поврежденными проволоками (на поверхности или внутри каната). Возможно также обнаружить части каната, подвергшиеся термическому воздействию, которое привело к изменению структуры металла. Таким образом, магнитная дефектоскопия позволяет количественно определить состояние каната в условиях эксплуатации, обнаружить даже скрытые дефекты и найти их местоположение.

Принцип магнитной дефектоскопии основан на оценке магнитного потока вдоль участка каната и регистрации изменений в его распределении из-за изменения площади сечения каната или обрывов проволок¹. При термическом воздействии на канат структура ме-

¹ См. статью В.П. Малова, А.Л. Кузьмина, В.Г. Попова и др. «Влияние термоциклических нагрузок на прочность каната литейных кранов» в № 11 за 1999 г., с. 30-32 (примеч. редакции).

² Исследования были выполнены лабораторией ОАО «Череповецкий сталепрокатный завод», а также другими металлургическими лабораториями Череповца.

¹ Котельников В.С., Сухоруков В.В. Дефектоскопия канатов грузоподъемных машин // Безопасность труда в промышленности. — 1998. — № 5. — С. 34.

талла изменяется. Это влияет на сигналы дефектоскопа вследствие изменения магнитных свойств материала проволок.

Если термическое воздействие на канат может приводить к изменению структуры металла, значит оно может быть обнаружено магнитным дефектоскопом, так как изменяются магнитные свойства стали. Исследования, выполненные дефектоскопом ИНТРОС ООО «Ин-трон Плюс» совместно с отделом диагностики ОАО «Северсталь» на канатах крана конвертерного цеха, подтвердили это предположение. Более того, оказалось, что дефектоскоп позволяет наблюдать постепенное накопление структурных изменений по мере увеличения числа

Участки 1, 3, 5 соответствуют положению каната на верхних по-лиспастных блоках в моменты перегрузки ковша. Перегрев каната здесь можно считать несущественным для изменения структуры металла и его прочностных свойств, а потеря площади сечения определяется только значением ПС, соответствующим влиянию только механических нагрузок $\Delta S_{мех}$.

Пик на участке 7 с координатой 205 м соответствует обрыву центральной пряди металлического сердечника, что не выявлялось при визуальном осмотре. Максимальное значение ПС за 2 мес эксплуатации возросло с 2 до 5,5 %, в то время как на других частях каната значения ПС не превышали в среднем 1,5 %.

Обнаружить участки каната, подвергшиеся термическому воздействию, можно, сравнив пиковые значения ПС на участках нагрева каната и участках, соответствующих положению каната на верхних полиспастных блоках и испытывающих только механические нагрузки, поскольку нагрев каната незначителен.

В первом приближении разность между пиковыми значениями ПС, соответствующими одновременно влиянию нагрева и механических нагрузок ΔS_{max} и $\Delta S_{мех}$, равна значению ПС, соответствующему только термическому влиянию:

$$\Delta S_T = \Delta S_{max} - \Delta S_{мех}$$

Заметим, что $D5_r$ — это приращение значений отсчета дефектоскопа по каналу ПС, вызванное термоциклированием, а не геометрическим изменением сечения каната.

Относительный запас прочности каната удобно оценивать по остаточной несущей способности n , под которой понимают отношение коэффициентов запаса прочности исследуемого каната (или его участка) и стандартного.

С учетом этого на рис. 2 показано распределение остаточной несущей способности n каната по его длине на отрезках, подверженных нагреву. Видно, что на участках 2, 4, 6 несущая способность снизилась на 10-13%, до $n = 0,87+0,9$ и приблизилась к браковочному уровню $n_{бр} = 0,825$. Если ориентироваться только на значения ПС по дефектограмме, без учета влияния термических нагрузок на несущую способность каната, то из рис. 1 следует, что несущая способность n снизилась не более чем на 5-5,5 %, т.е. $n = 0,95 \pm 0,945$.

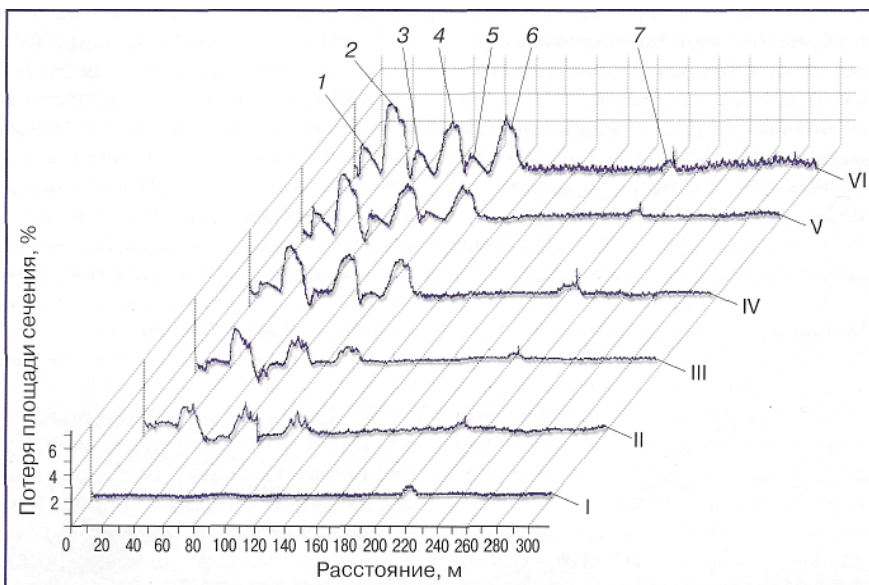


Рис. 1. Дефектограммы каната крана № 8 конвертерного цеха ОАО «Северсталь» по каналу ПС, полученные:

I — 22 января 2000 г. (после навески); II — 29 января 2000 г.; III — 6 февраля 2000 г.; IV — 14 февраля 2000 г.; V — 25 февраля 2000 г.; VI — 3 марта 2000 г. (после снятия

термоциклов. На рис. 1 приведены

дефектограммы по каналу ПС каната диаметром 42 мм крана № 8 конвертерного цеха ОАО «Северсталь», полученные с интервалами около недели. Отчетливо видны шесть пиков на начальном отрезке каната с координатами (0-110) м. Участки 2, 4, 6 с максимальными сигналами соответствуют положению каната на нижних блоках при перегрузке ковша. Действительно, в наибольшей степени канат теряет прочность на участках, располагающихся на нижних полиспастных блоках в момент перегрузки ковша, где одновременно действуют динамические и термические нагрузки.

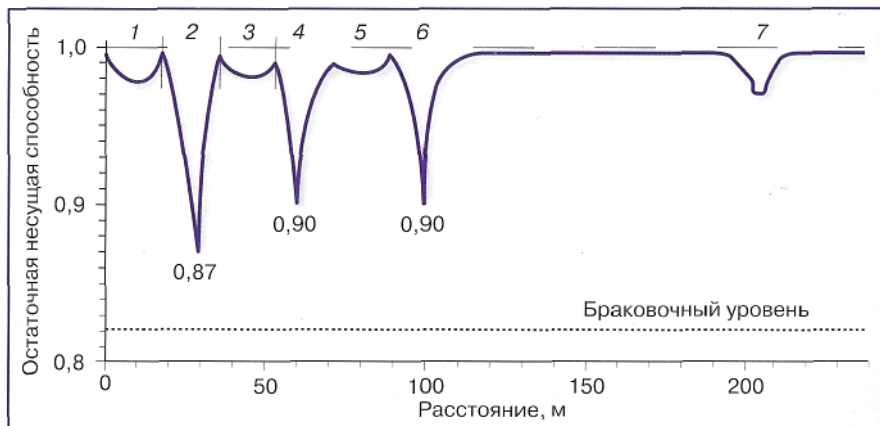


Рис. 2. Распределение остаточной несущей способности каната по его длине с учетом снижения прочности из-за термовоздействия

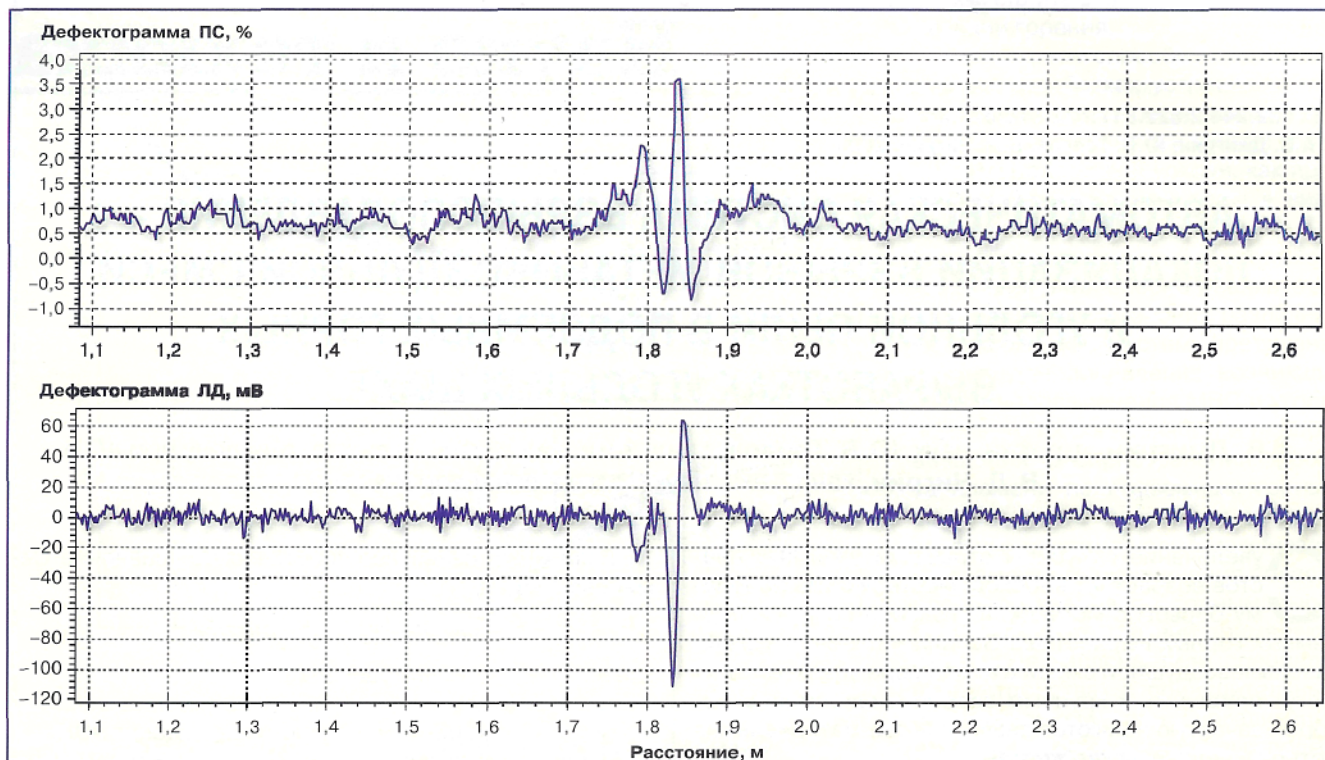


Рис. 3. Дефектограмма каната штыревого подъема мостового-штыревого крана ОАО «Иркутский алюминиевый завод»

Таким образом, используя описанную методику, можно в первом приближении оценивать потерю несущей способности канатов не только из-за потери площади сечения, но и за счет снижения прочности их материала в результате термического воздействия.

Дефектоскоп ИНТРОС используют в цехах и производствах ОАО «Северсталь» с 1999 г. В основном с его помощью контролируют заливочные краны конвертерного производства (КП), подъемники установки сухого тушения кокса (УСТК) коксового цеха (КЦ), петлевое устройство пятикететового стана ПХЛ. Организован контроль канатов в канатном цехе ОАО «Череповецкий сталепрокатный завод», который позволяет выявлять скрытые дефекты канатов при их изготовлении.

Контроль канатов дефектоскопом выполняют согласно плану, утвержденному начальниками цехов и производств, в которых проводится диагностика. Гарантированный срок службы по

результатам контроля дефектоскопом в КП продлевался 28 раз, в КЦ — 5. По итогам диагностики канаты до завершения гарантированного срока службы снимали с заливочных кранов КП — 1 раз, с подъемников КЦ — 5 раз, с петлевого устройства — 2 раза. При входном контроле в ОАО «Череповецкий сталепрокатный завод» было 28 случаев обнаружения брака при изготовлении канатов. Экономический эффект от продления срока службы канатов и экономии материальных средств был подсчитан для КП, и за 2001 г. он составил 915 тыс. руб.

Дефектоскопы ИНТРОС применяют для инспекции канатов многие металлургические предприятия: ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», ОАО «Братский алюминиевый завод», ОАО «Иркутский алюминиевый завод», ОАО «Чепецкий механический завод», ОАО «Ульбинский металлургический завод», ОАО «Чу-совской металлургический завод»,

ОАО «Магнитогорский Гипромез», а также предприятия горнорудной промышленности и инженерные центры. Так, во время ввода в эксплуатацию дефектоскопа ИНТРОС в ОАО «Иркутский алюминиевый завод» на левой ветви каната штыревого подъема мостового-штыревого крана был обнаружен недопустимый дефект — семь оборванных проволок на участке с координатой 2 м (рис. 3). Визуально дефект нельзя было обнаружить, так как обрывы располагались внутри каната.

Применение дефектоскопа ИНТРОС дает объективную оценку снижения коэффициента запаса прочности крановых канатов из-за циклического термовоздействия на них, в частности в условиях металлургических производств. Это повышает безопасность эксплуатации грузоподъемных кранов и снижает затраты, связанные с заменой канатов, фактическое состояние которых позволяет продолжать их использование.