

УДК 624.072.002.2

## **Определение прочности стали в эксплуатируемых конструкциях путем локального разрушения**

<sup>1</sup>Иванов А.П., к.т.н., <sup>2</sup>Голоднов А.И., д.т.н.

<sup>1</sup>Донбасский государственный технический университет, Украина,

<sup>2</sup>ОАО «УкрНИИпроектстальконструкция им. В.Н. Шимановского», Украина

**Анотація.** У даній роботі викладені результати проведених досліджень характеристик металу методом зрізу різьби в експлуатованих конструкціях. Застосування відомих методів не дає можливості досліджувати метал в зоні дії максимальних зусиль у зв'язку з ослабленням перерізів при вилученні зразків. Випробування цим методом проводяться на металі конструкції без порушення цілісності з локальним руйнуванням невеликого обсягу.

**Аннотация.** В данной работе изложены результаты проведенных исследований характеристик металла методом среза резьбы в эксплуатируемых конструкциях. Применение известных методов не дает возможности исследовать металл в зоне действия максимальных усилий в связи с ослаблением сечений при изъятии образцов. Испытания этим методом проводятся на металле конструкции без нарушения целостности с локальным разрушением в небольшом объеме.

**Abstract.** In this work the results of the conducted researches of descriptions of metal are expounded by the method of cut of screw-thread in on-the-road constructions. Application of the known methods does not enable to probe a metal in the area of action of maximal efforts in connection with weakening of sections at the withdrawal of standards. Test this method were conducted on the metal of construction without violation of integrity with local destruction in a small volume.

**Ключевые слова:** стальные конструкции, металл, прочность, срез резьбы.

**Введение. Постановка проблемы.** Определение физико-механических характеристик металла эксплуатируемых конструкций представляет собой довольно трудоемкую задачу и является одним из основных вопросов, решение которого позволит оценить их несущую способность.

Традиционные методы оценки прочности металла по ГОСТ 1497-84\* сложны в исполнении, их применение может привести к нарушению целостности конструкций. Применение известных методов не дает возможности исследовать металл в зоне действия максимальных усилий в связи с ослаблением сечений при изъятии образцов. Как альтернатива предлагается метод «среза резьбы».

В отличие от известных метод «среза резьбы» является безобразцовым, т.е. для определения прочностных характеристик металла нет необходимости изымать материал из конструкции. Испытания проводятся на металле конструкции без нарушения целостности с локальным разрушением в не-

большом объеме. Испытания проводятся испытательным винтом с высотой режущей части в два шага (1,6 мм) и внешним диаметром 4,85 мм.

С помощью метода среза резьбы можно оценить распределение свойств стали и в листовом прокате в трех направлениях – по толщине листа, вдоль и поперек прокатки. Для сварных конструкций этим методом можно оценить распределение свойств стали в зоне сварного шва и в околошовной зоне.

**Цель исследований.** Определение напряженно-деформированного состояния и прочностных характеристик стали в эксплуатируемых конструкциях комплексным методом с использованием приборов неразрушающего контроля.

**Основная часть.** Для определения свойств стали в эксплуатируемых конструкциях разработана комплексная методика с применением различных приборов неразрушающего контроля. Разработанная методика предназначена для определения напряженно-деформированного состояния (НДС) и основных свойств металла в различные периоды эксплуатации стальных конструкций и рекомендуется к применению при проведении обследований элементов зданий и сооружений, подъемно-транспортных механизмов и т.п.

Одним из наиболее существенных элементов разработанной комплексной методики является определение прочностных характеристик стали методом «среза резьбы». Сущность этого метода заключается в сверлении отверстия небольшого диаметра в конструкции, нарезании резьбы и последующего среза резьбы винтом из высокопрочной стали с помощью специально изготовленной установки (рис. 1). Для испытаний используется испытательный винт с высотой режущей части в два шага (1,6 мм) внешним диаметром 4,85 мм.

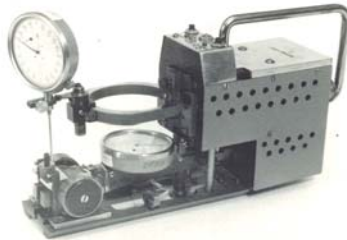


Рис. 1. Оборудование для проведения испытаний методом «среза резьбы»

Исследование свойств стали целесообразно проводить в два этапа. На первом этапе выполняются визуальный осмотр и исследования металла неразрушающими методами при помощи приборов магнитного контроля

(коэрцитиметров) в каждом элементе однотипных конструкций [1, 2]. В ходе проведения визуального осмотра определяются конструкции, имеющие опасные для дальнейшей эксплуатации повреждения (трещины, значительные прогибы, коррозионный износ, потеря устойчивости отдельных элементов и конструкций в целом и т.п.). При этом целесообразно определить характер и интенсивность приложения нагрузок (особенно крановых), а также специфические вопросы состояния конструкций, например, состояние контакта кранового рельса и верхнего пояса подкрановой балки (рис. 2).



Рис. 2. Состояние контакта рельса и верхнего пояса балки после снятия рельса (мелом отмечены места контакта)

Магнитный метод контроля, при использовании которого материал не разрушается при исследованиях, применяют в основном для изделий из ферромагнитных материалов, т.е. из материалов, которые меняют свои магнитные характеристики под влиянием внешней среды. Структура и механические свойства изделий определяются путем установления корреляционных связей между контролируемым параметром и магнитной характеристикой – коэрцитивной силой  $H_c$  [1, 2].

Например, определяют состояние металла в подкрановых балках одного и того же пролета, расположенных в одном цехе, но с разной интенсивностью приложения нагрузки, а затем проводят анализ полученных результатов.

Определение величин коэрцитивной силы и изучение характера отклонений этих величин от исходного (без нагружения) значения для одной и той

же марки стали в элементах одной толщины будет свидетельствовать о наличии изменений, происходящих в металле, за время эксплуатации. Эти изменения следует выявлять и оценивать количественно с помощью других методов.

На втором этапе проводится количественная оценка свойств металла с применением метода «среза резьбы» [2]. Этот метод позволяет без отбора специальных образцов в малом объеме металла получить все необходимые характеристики и оценить прочность металла.

Сущность метода «среза резьбы» заключается в получении усилия вырыва резьбы, которое определяется с помощью специально разработанного прибора. Этим методом можно проводить исследования стальных конструкций практически в любых доступных местах. Точность определения характеристик металла этим методом достаточно высока (в пределах 5 %). Недостатком этого метода является необходимость сверления отверстий, что не всегда допустимо, особенно для конструкций, работающих под давлением.

Данная комплексная методика позволяет проводить испытания металла непосредственно в конструкциях, в местах наиболее нагруженных, причем надежность полученных результатов значительно выше, чем при общеизвестных методиках с отбором проб из конструкций. Это достигается за счет того, что прочность металла в конструкциях, как правило, выше браковочного минимума, указанного в стандартах. В этом случае расчетное сопротивление получается на 5...6 % выше, чем предусматривается СНиП. Учет этого обстоятельства позволяет сделать выводы о возможности увеличения нагрузки на конструкции при реконструкции или не проводить специальные мероприятия по усилению конструкций при некотором коррозионном износе их элементов.

Исследования изменения магнитных свойств материалов в зависимости от характера НДС проводились с целью ранней диагностики конструкций, работающих при динамических нагрузках. Для решения поставленной задачи были выполнены измерения в стенках трех балок, подвергающихся динамическим воздействиям различной интенсивности. Исследования проводились в такой последовательности:

- каждая балка по длине была разделена на 8 участков (за участок принимался отсек, состоящий из участка стенки, ограниченной поясами и ребрами жесткости);
- каждый отсек был разделен на 118 клеток и в каждом узле клетки (сетки) коэрцитиметром КИФМ-1 проводились измерения величин коэрцитивной силы;
- по результатам полученных измерений строились линии одинаковой

коэрцитивной силы, которые позволили получить качественную картину распределения остаточных напряжений по площади стенки балки. Появление трещин в стенке в дальнейшем хорошо согласовывалось с пиками величин коэрцитивной силы.

Использование предложенной методики позволяет прогнозировать работу материала, указать места возможного образования трещин, предотвратить аварийную ситуацию и четко спланировать сроки ремонтов.

По сравнению с известными методами предлагаемая методика дает возможность снизить трудоемкость проведения испытаний, оценить материальные и трудовые затраты на производство строительно-монтажных работ при реконструкции за счет получения реального расчетного сопротивления стали.

Предлагаемая методика была применена при обследовании подкрановых балок в цехе блюминга ОАО «Алчевский металлургический комбинат» (рис. 3).

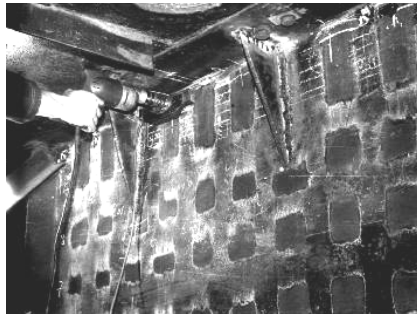


Рис. 3. Стенка подкрановой балки, подготовленная к испытаниям магнитным методом

Описанная выше методика была использована также при проведении исследований остаточного НДС, возникающего в прокатных двутаврах, уголках и пластинах при термических воздействиях [2, 3].

Следует отметить, что магнитный метод исследований используется для решения широкого круга задач, например, для определения причин потери эксплуатационной пригодности конструкций, работающих под давлением (газовых баллонов). Как свидетельствуют результаты исследований [4, 5], для металла изделия, который не находился в эксплуатации, величина коэрцитивной силы составляет  $H_c = 5 \text{ А см}^{-1}$ . Разность  $\Delta H_c$  для металла, работающего в упругой области, и металла, перешедшего из пластической области в область разрушения (при взрыве газового баллона), составляет примерно  $3,5 \dots 4,0 \text{ А см}^{-1}$ .

Значение величины  $H_c$  для области трещины полностью соответствует значениям, характерным для перехода структуры металла в стадию разрушения. Исходя из этого, можно утверждать, что трещина в корпусе баллона произошла из-за разрыва металла вследствие увеличения давления изнутри.

### **Выводы**

1. Метод «среза резьбы» позволяет определить прочность стали в локальных областях практически любых конструкций без изъятия образцов с возможностью неоднократного воспроизведения результатов. Применение других методов для решения таких задач невозможно.

2. Полный ответ о техническом состоянии конструкции, стали и ее прочностных характеристиках можно получить при комплексном исследовании, совмещая результаты, полученные с помощью неразрушающих методов на физической основе и метода «среза резьбы», а также проведения химического анализа металла.

### **Литература**

- [1] Иванов А.П. Переход к показателям прочности стали на растяжение по результатам испытаний методом «среза резьбы» // Сб. науч. тр. – Алчевск: ДГМИ, 1999. – Вып. 9. – С. 186 – 190.
- [2] Голоднов А.И., Иванов А.П. Определение напряженно-деформированного состояния в металлических конструкциях магнитным методом // Стр.-во. Материаловедение. Машиностроение: Сб. науч. тр. / ПГАСиА. – Днепропетровск: ПГАСА, 2004. – Вып. 27, ч. 2. – С. 180 – 184.
- [3] Голоднов А.И., Иванов А.П., Антошина Т.В. Разработка методики исследования напряженного состояния в элементах конструкций магнитным методом // Строительство. Материаловедение. Машиностроение: Сб. науч. тр./ ПГАСиА. – Днепропетровск: ПГАСиА, 2002. – Вып. 18. – С. 37 – 43.
- [4] Степаненко С. Г., Жигоцький Є.О. Використання магнітного методу для визначення причини вибуху газових балонів // Бюлетень пожежної безпеки. – 2002. – № 1. – С.13 – 14.
- [5] Попов Б.Е. и др. Магнитный контроль напряженно-деформированного состояния и остаточного ресурса сосудов, работающих под давлением // Безопасность труда в промышленности. – 2001. – № 3. – С. 25 – 30.

*Надійшла до редколегії 27.05.2009 р.*