

## КОНТРОЛЬ УСТАЛОСТИ МЕТАЛЛА НЕРАЗРУШАЮЩИМ МАГНИТНЫМ (КОЭРЦИТИМЕТРИЧЕСКИМ) МЕТОДОМ КАК ОБЪЕКТИВНАЯ ПЕРВООСНОВА ДИАГНОСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ И КОНСТРУКЦИЙ

**Г. Я. БЕЗЛЮДЬКО, Е. И. ЕЛКИНА, Р. Н. СОЛОМАХА**  
НПФ «Специальные Научные Разработки», Харьков, Украина

*Коэрцитиметрия локализует зоны концентрации напряжений, контролирует накопление усталостных изменений металла еще на микроуровне, указывает начало процесса интенсивного образования макродефектов, уже «видимых» дефектоскопией. Тем самым коэрцитиметрия концентрирует усилия дефектоскопистов в нужном месте и в нужное время, снижая расходы на диагностику и повышая ее достоверность. Реальный ресурсный (усталостный) потенциал металла при этом выражается в четких числовых критериях, избавляя экспертизу от тенденциозности и субъективизма.*

Большинства разрушений и аварий конструкций или узлов оборудования можно избежать, если в процессе эксплуатации контролировать степень усталости металла. В действительности современная диагностика усталостный контроль металла если и выполняет, то делает это декларативно. Практического инструмента неразрушающего контроля степени накопленной усталости металла до недавних пор просто не существовало. Разве что для каких-то особых объектов используют специализированные методы и системы, впрочем никак не пригодные для массовой и рядовой экспертизы. Поэтому сегодня диагностика металлоконструкций и оборудования в основной своей массе вынужденно строится на понятиях и критериях дефектности металла, чтобы иметь хоть какие-то, пусть и очень косвенные, оценки текущего состояния.

Не последнее значение в сложившемся состоянии имеет и тот факт, что в экспертизе методы и приборы дефектоскопии оказались эволюционно наиболее развиты, причем уже много лет. А непосредственно усталостное состояние никак не контролируется и оценивается простым сравнением отработанного срока службы изделия с расчетным предельным. При этом итоговая оценка «годности-негодности» диагностируемого металла строится по большей части на «наличии-отсутствии» в нем дефектов, количестве этих дефектов, их размерах, а также скорости роста их количества и размеров.

Однако, не всякий дефект металла, выявленный в работающем узле, реально влияет на его работоспособность. На дефектности вообще недопустимо строить прогноз работоспособности, когда появление дефекта ведет к немедленному лавиноподобному разрушению металла. Здесь принципиально нельзя в основу диагностического прогноза работоспособности закладывать дефектоскопические критерии. И контроль текущего усталостного состояния металла в таких случаях, по сути, ничем иным заменен быть не может. Используемые в таких случаях подмены, вроде уточняющего расчета прочности как основной компоненты оценки усталости в выполняемой экспертизе — неполноценны.

Они представляют собой вынужденный и далекий от совершенства компромиссный вариант того, что здесь в действительности должно быть — инструментальный метод оценки усталостного состояния металла без нарушения целостности диагностируемого объекта, с оценкой состояния контролируемой области во взаимодействии и перераспределении ее нагрузок с окружающими данную зону контроля соседними областями, звеньями или частями диагностируемой конструкции. И с позиций сегодняшнего дня даже при самом придирчивом анализе трудно представить здесь решения, которые были бы лучше, чем полученные нами на основе коэрцитиметрии.

Коэрцитиметрический метод прост в пользовании и при этом эффективен везде, где используют металлоконструкции и оборудование, изготовленные из ферромагнитных марок металла и работающие в режиме статического нагружения или малоциклового усталости (что составляет



Если причина этих и подобных разрушений — усталость металла — их легко предотвратить, используя коэрцитиметрию при эксплуатационном контроле текущего состояния



около 90 % всего работающего парка). Особенно эффективен мониторинг сварных соединений этим методом.

Не менее успешно контролируются несущие конструкции мостов, кранов, фермы перекрытий, узлы энергетического оборудования атомных, тепловых и гидроэлектростанций, трубопроводы всех типов, тросы кранов, канатные дороги и переходов, железнодорожные колеса и рельсы, болтовые и заклепочные соединения, оболочки сосудов давления, прокатные валки листовых и сортовых станков и т. д. Везде, где работает металл, имеют место общие законы развития и накопления усталостных изменений. Коэрцитиметрия эти процессы одинаково успешно контролирует, независимо от отрасли применения. Покажется необычным, но грамотное ведение дополнительного метода — коэрцитиметрии — в итоге удешевляет диагностику, так как снижает общие объемы контроля металла и при этом повышает надежность работы оборудования за счет концентрации контроля там, где это действительно необходимо — в зонах повышенной усталости. При этом те области, в которых по данным коэрцитиметрии нет признаков усталостной деградации металла, как правило, в дефектоскопии не нуждаются, а это самый дорогой вид контроля. Несмотря на закончившийся нормативный срок службы, коэрцитиметрия обоснованно продлевает ресурс оборудования, если металл находится в еще работоспособном состоянии. В то же время коэрцитиметрия своевременно прекратит работу оборудования по недопустимым усталостным показателям металла даже если его нормативный ресурс будет далек от исчерпания.

Прирост величины коэрцитивной силы  $H_C$  при нагружении металла от исходного состояния поставки  $H_{C_0}$  и до состояния разрушения  $H_C^B$  составляет 100...400 % в зависимости от марки конструкционной стали! Величина  $H_{C_{\text{текущ}}}$  очень точно определяет отработанный ресурс по разнице  $H_{C_{\text{текущ}}} - H_{C_0} = R_{\text{отраб}}$ , а величина  $H_C^B - H_{C_{\text{текущ}}} = R_{\text{остат}}$  объективно характеризует оставшийся ресурс. В плане чувствительности к изменениям в металле по мере развития и накопления в нем усталостных изменений магнитная характеристика — коэрцитивная сила — оказалась беспрецедентно эффективной. Этот природный физический потенциал удалось подкрепить столь же эффективной приборной реализацией в виде магнитного структуросопа-коэрцитиметра **КРМ-Ц-К2М** — легкого, компактного, с автономным питанием, не нуждающегося в контактной жидкости и специальной подготовке поверхности, работающего через слой краски и другой защитный слой толщиной до 2...3 мм и вне зависимости от кривизны поверхности контроля. С помощью коэрцитиметрии удалось такую абстрактную характеристику, как усталость металла, выразить в конкретных числовых значениях. Поэтому ведение систематического коэрцитиметрического контроля в течение всего срока службы



изделия превращает диагностику усталости в документируемую строгую и ответственную процедуру, лишенную даже оттенка субъективизма. Контроль может быть реализован как в ручном виде, так и в варианте стационарных систем (например, для кожуха доменной печи).

Двадцатилетняя практика убедительно свидетельствует, что диагностика объекта должна начинаться именно с обзорной коэрцитиметрии. При этом быстро и без особых затрат можно получить общее представление об усталостном состоянии металла. После этого применение дефектоскопии целесообразно только в тех областях, где коэрцитиметрия показывает недопустимый уровень усталостной деградации металла. В других зонах усталостных дефектов просто нет, там могут быть только дефекты металлургического, не влияющие на прочностные характеристики.

Очень эффективно в ряде случаев сочетание коэрцитиметрии с толщинометрией, особенно выполняемой нашими бесконтактными электромагнитоакустическими толщиномерами **УТ-04 ЭМА (Дельта)**, к тому же у этих толщиномеров самая низкая себестоимость одной точки замера толщины. Практика показала, что не надо вводить ограничение режима работы оборудования, если утонение металла не сопровождается завышенными значениями величины  $H_C$  в этих областях. И наоборот, при нормальных показаниях толщиномера, но «плохих» показаниях коэрцитиметра эксплуатацию следует несомненно приостанавливать. Такой двухпараметрический контроль повышает достоверность суммарной диагностической оценки.



На основе коэрцитиметрии основным содержанием экспертизы промышленной безопасности вместо поиска дефектов действительно становится недопущение аварий и разрушений при максимально полном использовании ресурса металлопродукции (см. рекламу на 3-й с. обложки).

Украина, г. Харьков, ул. Светлая, д. 10, кв. 16.  
Тел./факс: 38 (057) 738-32-06, тел.: 38 (057) 771-65-91  
E-mail: bezlyudko@yahoo.com, itl913@online.com.ua  
www.snr-ndt.com.ua  
Тел. в Москве: 7 (499) 502-93-91