

О ВОЗМОЖНОСТИ МАГНИТОШУМОВОГО КОНТРОЛЯ
УСТАЛОСТНЫХ ТРЕЩИН В ФЕРРОМАГНИТНОМ ОБРАЗЦЕ

В.Н.БУСЬКО, В.Н.ВЕНГРИНОВИЧ, А.Г.ДОВГЯЛЛО

Государственное научное учреждение

«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»

Минск, Беларусь

В работе исследуется возможность использования метода эффекта Баркгаузена (МЭБ) и реализующей его аппаратуры для изучения влияния мало- и многоциклового усталости на процессы накопления усталостной повреждаемости при трещинообразовании в образцах стали 40X.

В используемой изгибной установке для исследования образцов на усталость реализуется принцип преобразования вращения вала электродвигателя в вертикальное колебательное движение незащемленной части консолюльно закрепленного исследуемого плоского образца с возможностью регулирования амплитуды изменения знакопеременных изгибных напряжений. Испытывался плоский ферромагнитный образец из стали 40X в виде балки размером 80 x 6 x 1 мм. Для исследования усталости использовался образец со специально созданными с помощью УЗК-колебаний резонансной частотой 17,6 кГц усталостными трещинами с известными шириной и глубиной раскрытия, видимые визуально. Образованные таким способом в зоне шейки образца с одной его стороны поверхностные усталостные трещины состояли из двух, а с другой – трех микротрещин. Глубина трещин достигала 0,4 мм раскрытием в диапазоне 0,025-0,125 мм. Один конец образца жестко закреплялся в специальных зажимах установки. Второй свободный конец образца подвергался изгибным знакопеременным циклическим напряжениям, в результате чего в зоне шейки образца с обеих его сторон происходил рост усталостных трещин. Магнитошумовой преобразователь Баркгаузена (ПБ) накладного типа располагался в зоне развития усталостных трещин с обеих его сторон. Измерения уровня магнитного шума (МШ) производились после каждого циклирования образца. При известных толщине, ширине, модуле упругости и величине прогиба образца расчетным и экспериментальным путями (с применением грузиков) рассчитывалась амплитуда напряжений в зоне усталостной трещины, которая составляла $\sigma = 96$ МПа. Образец циклировался вплоть до его разрушения в зоне трещины, которое произошло при 7290 циклов. Измерения уровня МШ выполнялись с помощью приборов Интромат и ИМШ путем сканирования ПБ по всей длине образца с обеих его сторон, начиная от шейки образца в зоне его защемления и до его противоположного края. Измерения уровня МШ на приборе ИМШ выполнялись при частоте перемагничивания = 128 Гц и амплитуде тока перемагничивания $i = 10,5$ мА, режимы работы

прибора Интромаг: $f = 125$ Гц, амплитуда тока перемангничивания $i = 200$ мА, частота селекции $F = 20, 50, 100, 150$ кГц. По данным экспериментальных исследований строились графические зависимости уровня МШ от количества циклов нагружения (N) и координаты перемещения ПБ по образцу. Измерения уровня МШ проводились в диапазоне от $N = 0$ до $N = 7290$ циклов, тем самым определялось влияние малоциклового усталости на уровень магнитного шума в зависимости от N . Процесс развития трещин в образце в зависимости от N , наряду с измерениями уровня МШ, сопровождался оптическим методом определения глубины и ширины трещин с применением измерительного микроскопа.

Анализ полученных данных показал, что кривая изменения $F=F(N)$, где F -уровень МШ (мВ), имеет неоднозначный вид. Зависимость $F=F(N)$ можно условно разделить на три стадии. Для первой стадии, соответствующей $0 \leq N \leq 1800-2000$, уровень МШ значительно возрастает, что связано с процессами разупрочнения металла, сопровождающими усталость. После $N \geq 2300$ до $N = 3500$, уровень МШ резко снижается, диапазон этот может характеризовать стадию упрочнения металла. Особенно ярко это проявляется для зоны, соответствующей трещине. После $N = 3500$ и выше уровень МШ несколько возрастает, вплоть до состояния предразрушения. На этой стадии сталь находится на стадии вторичного разупрочнения металла перед разрушением. Установлено, что абсолютный минимум уровня МШ находится не непосредственно в зоне трещины, а соответствует зоне, находящейся сразу после трещины в направлении от шейки образца на расстоянии 1,5-2 мм, что является результатом косоного направления трещины, развивающейся вглубь по толщине образца. При этом, несмотря на общий для обеих сторон характер зависимости $F=F(N)$, соотношения уровня МШ между различными точками на обеих поверхностях образца различны, что может свидетельствовать о влиянии фактора предыстории состояния исследуемой зоны.

В докладе представлены схема установки для проведения усталостных испытаний, калибровочная кривая для образца стали 40Х, экспериментальные результаты исследования процесса развития усталостных трещин для обеих сторон образца при различных режимах перемангничивания и анализа магнитного шума, а также режимах циклирования, результаты контроля процесса развития усталостных трещин оптическим методом.