

ной резонансными явлениями в образце, как несогласованном волноводе, а также нестационарным характером процесса излучения АЭ развивающейся трещиной.

Чтобы снизить влияние неравномерности АЧХ образца и выявить основные отличия в спектре исходных сигналов АЭ, в программу обработки было введено частотное усреднение с полосой  $\Delta f = 60$  кГц. Как показывает опыт, этого достаточно, чтобы сгладить неравномерность АЧХ образца. Однако даже при таком усреднении наблюдается значительное отклонение спектральных характеристик от среднего значения. На рис. 4 приведены графики дисперсии  $D(j)$  с усреднением функции  $B(i, j)$  по частоте 1 и без усреднения 2. Как видно, введение усреднения позволяет снизить значение  $D(j)$  только в области низких частот. Это свидетельствует о том, что разброс параметров спектральных характеристик сигналов АЭ объясняется не только влиянием АЧХ образца, но и различиями в спектре исходных сигналов АЭ.

Предложенная методика статистической обработки спектральных характеристик позволяет выявить основные закономерности в спектре частот сигналов АЭ, регистрируемых пьезопреобразователем, и использовать их в качестве критериев при индентификации сигналов АЭ с параметрами дефекта, а также при поиске путей повышения помехоустойчивости существующих средств АЭ.

НПО «Дальстандарт»  
Хабаровск.

Поступило в редакцию  
8 апреля 1985 г.;  
в окончательном варианте —  
14 октября 1985 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Лыков Ю. И. Разработка и исследование аппаратуры спектрального анализа акустической эмиссии для неразрушающего контроля изделий. — Автореф. канд. дисс. М.: НИИИИ, 1979.
- Крамер Г. Математические методы статистики. М.: Мир, 1975, 648 с.

УДК 620.179.14

#### МАГНИТНЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОЙ ТЕРМООБРАБОТКИ ЗУБЬЕВ ШЕСТЕРЕН

*С. А. Маликов, П. Ф. Грицков, Б. М. Лапидус*

Применение коэрцитиметров с приставными электромагнитами для неразрушающего контроля глубины упрочненных слоев стальных и чугунных изделий основано на существенном различии магнитных свойств сердцевины изделия и его упрочненного слоя [1—3]. Для обеспечения максимальной чувствительности показаний прибора к изменению глубины закаленного слоя геометрические размеры ярма приставного электромагнита должны быть подобраны с учетом конфигурации контролируемого изделия [4, 5].

В настоящей статье описан опыт применения автоматизированного коэрцитиметра КИФМ-1 с приставными электромагнитами для контроля глубины закаленного токами высокой частоты (ТВЧ) слоя зубьев шестерен, изготавливаемых из сталей 35Х (шестерня привода масляного насоса) и Ст45 (обод маховика).

Шестерню привода масляного насоса подвергали поверхностной закалке ТВЧ и отпускали от 400°С в течение 2 ч. Обод маховика после закалки ТВЧ отпускали при электронагреве (до 250°С) токами промышленной частоты в течение 18 с. По техническим условиям для шестерни из стали 35Х (ширина 8 мм) глубина упрочненного слоя должна быть в пределах 10,0—12,0 мм от вершины зуба, для обода маховика (ширина 24 мм) — 0,9—1,35 мм от впадины зуба.

При нормальной термообработке закалка на зубьях получается сквозной. Поэтому для оценки общей глубины закаленного слоя, в которую входят и зубья, использовали датчик № 1 с большим сечением полюсов. Оптимальную форму и размеры полюсов электромагнита устанавливали по максимальной чувствительности показаний прибора к изменению глубины закаленного слоя. Ширина полюса для узкой шестерни была равна ширине зуба, а для обода — примерно одной четверти ширины зуба, что связано с необходимостью контроля равномерности закалки по ширине зуба.

Всего исследовали по 150 деталей того и другого типа. Измерения тока размагничивания, твердости по методу Роквелла и глубины слоя металлографическим способом проводили до закалки, после закалки и после отпуска деталей. Разброс показаний прибора, связанный с изменением химического состава, в пределах марки составил не более 0,25 мА. По статистическим данным колебания твердости закаленного слоя после закалки невелики при допустимых значениях глубины. Поэтому дисперсия показаний прибора была незначительна и можно было ограничиться контролем глубины слоя.

На рис. 1 приведены график зависимости тока размагничивания  $I_r$  от глубины упрочненного слоя  $d$  шестерни привода масляного насоса после закалки и схема, иллюстрирующая процесс контроля этой детали. Коэффициент парной корреляции для  $I_r$  и  $d$  в данном случае равен 0,76. Допустимому интервалу по глубине закаленного слоя  $10,0 \text{ мм} \leq d \leq 12,0 \text{ мм}$  с доверительной вероятностью 0,95 соответствует интервал по току размагничивания  $34 \text{ mA} \leq I_r \leq 41 \text{ mA}$ . Измерения, выполненные на этой детали, показали, что определить качество отпуска ( $400^\circ \text{C}$ ) не представляется возможным из-за слабой чувствительности к изменению твердости в этом районе температур отпуска.

Зависимость показаний прибора от глубины закаленного слоя и различных температур отпуска для обода маховика после закалки приведена на рис. 2. Коэффициент парной корреляции между  $I_r$  и  $d$  равен 0,93. Допустимому интервалу по глубине закалки  $0,9 \text{ мм} \leq d \leq 1,35 \text{ мм}$  с доверительной вероятностью 0,95 соответствует интервал по току размагничивания  $28,5 \text{ mA} \leq I_r \leq 35,5 \text{ mA}$ . Из рисунка очевидна достаточно хорошая чувствительность показаний прибора к варьированию температуры отпуска в

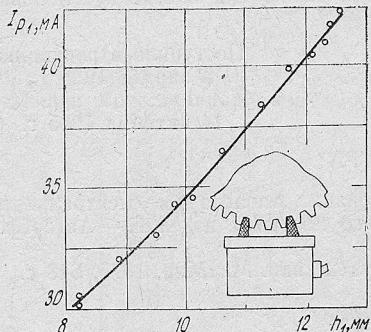


Рис. 1. Зависимость тока размагничивания  $I_r$  от глубины закаленного слоя  $d$  шестерни привода масляного насоса.

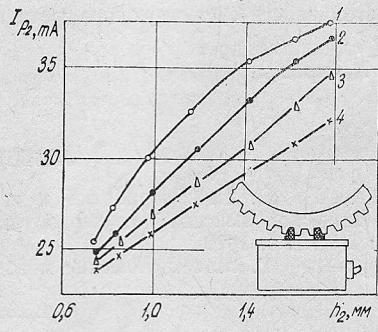


Рис. 2. Зависимость тока размагничивания  $I_r$  от глубины закаленного слоя  $d$  обода звездочки маховика после закалки при различных температурах отпуска:  
1 —  $T_{\text{отп}} = 0$ ; 2 —  $150$ ; 3 —  $250$ ;  
4 —  $280^\circ \text{C}$ .

районе  $150—300^\circ \text{C}$  (температура отпуска для этой детали  $250^\circ \text{C}$ ). Это дает возможность контролировать не только глубину упрочненного слоя после закалки, но и качество последующего отпуска.

КамАЗ  
Брежнев

Поступило в редакцию  
27 сентября 1985 г.;  
в окончательном варианте —  
17 февраля 1986 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Михеев М. Н., Горкунов Э. С., Востротина Т. И. Контроль качества термообработки изделий, закаливаемых с помощью токов высокой частоты. — Дефектоскопия, 1976, № 1, с. 66—70.
- Михеев М. Н., Фридман Л. А., Морозова В. М. и др. О применении коэрцитиметров с приставными электромагнитами при контроле массивных стальных изделий. — Дефектоскопия, 1978, № 8, с. 47—51.
- Михеев М. Н., Морозова В. М., Ремез Н. В., Сурин Г. В. Магнитный контроль качества термической обработки валков холодной прокатки. — Дефектоскопия, 1977, № 5, с. 74—77.
- Михеев М. Н. О выборе оптимальных геометрических размеров приставных электромагнитов коэрцитиметра, предназначенного для контроля качества термической обработки стальных и чугунных изделий. — ФММ, 1957, 5, вып. 1, с. 44—52.
- Кузнецов И. А. О применении коэрцитиметров при контроле толщины поверхности закаленного слоя. — Дефектоскопия, 1979, № 2, с. 3—8.