

ВИХРЕТОКОВЫЙ КОНТРОЛЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ СТРУКТУРЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ВАЛОВ

Задачи непрерывного контроля напряженно-деформированного состояния цилиндрических изделий (валов электропривода) является весьма актуальной для безаварийной работы различных агрегатов, у которых есть приводные валы, трансмиссия, торсионные валики и др. [1]. При передаче механических усилий наибольшей деформации подвергаются поверхностные слои цилиндрического изделия, но и подповерхностные слои на глубине δ также испытывают значительные механические напряжения. Поэтому, при изготовлении вала необходимо производить его поверхностное упрочнение на глубину, которая обеспечит его работоспособность без разрушения при передаче соответствующих моментов. Причем в процессе эксплуатации желательнее контролировать предельную степень деформации вала не соответствующей глубине. Для контроля механических напряжений, возникающих во вращающихся валах, существует достаточно много контактных и бесконтактных методов.

Для бесконтактного контроля механической деформации в цилиндрических валах на разных глубинах хорошо показал себя вихретоковый метод. Поскольку такие электромагнитные характеристики как относительная магнитная проницаемость (μ_r) и удельная электрическая проводимость (σ) связаны с физико-механическим состоянием металла, то определяя их, а также контролируя поперечное сечение, можно судить об механических напряжениях (деформации) на определенной глубине δ [1]:

$$\delta = \frac{R\sqrt{2}}{x}, \quad (1)$$

где R - средний радиус возбуждающей обмотки; x – обобщенный параметр, характеризующий физические и геометрические параметры цилиндрического образца.

В работах [2,3] описаны амплитудный и фазовый методы бесконтактного определения σ и диаметра для широкого диапазона изменения обобщенного параметра x . Причем, для немагнитных цилиндрических материалов ($\mu_r = 1$):

$$x = \frac{d}{2} \sqrt{\mu_0 \sigma 2\pi f}. \quad (2)$$

Проведенный в работе [3] анализ поведения погрешностей контроля γ_σ для амплитудного и фазового методов в широком диапазоне изменения параметра x , а значит и δ , показал, что существуют рациональные, с точки зрения минимума погрешности, диапазоны контроля σ как для амплитудного (кривая 1) так и для фазового (кривая 2) методов (см. рис. 1).

При создании устройства контроля распределения механической деформации по сечению образца важным элементом является разработка алгоритма функционирования устройства, который описывает процедуру измерительных, расчетных и управляющих операций, с целью достижения рациональных по погрешности и чувствительности режимов работы преобразователя.

На рис. 2 представлен алгоритм функционирования автоматизированного устройства для определения механической деформации как в поверхностных слоях, так и усредненных по сечению вала. Работа устройства состоит в следующем. После ввода необходимых констант производят измерение параметров выходных сигналов преобразователя $U_{\Sigma 1}$, φ и U_0 с последующим вычислением значения обобщенного параметра x . Если необходимо определять механическое напряжение в поверхностных слоях, то с помощью изменения частоты зондирующего поля устанавливают и проверяют значения обобщенного параметра $x \geq 3$, при этом значение σ_m определяют, используя фазовый метод [3,4] контроля параметров образца (вала). Если необходимо определять усредненные по сечению значения σ_m , то проверяют и устанавливают (изменяя частоту возбуждающего поля f) значения $x \leq 3$, а параметры образца определяют по амплитудному методу [3,4] контроля.

Из графиков рис. 1 видно, что рациональный режим работы преобразователя составляет $1,5 \leq x \leq 5$, причем в диапазоне $1,5 \leq x \leq 3,5$ используется амплитудный метод (кривая 1), а в диапазоне $3,5 \leq x \leq 5$ – фазовый метод (кривая 2).

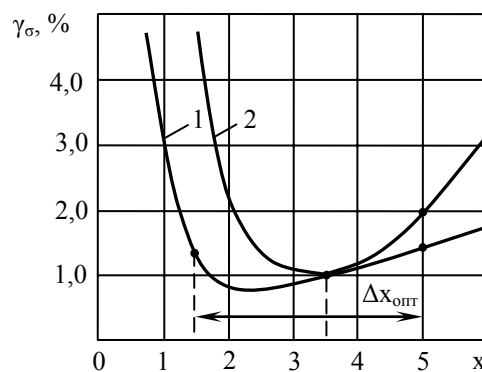


Рисунок 1 – Кривые погрешностей для определения рационального режима работы устройства

После установления необходимого значения x , находят значение σ_m по установленным универсальным функциям преобразования [3,4], как для амплитудного, так и для фазового метода контроля.

По вычисленным значениям σ_m определяют механические напряжения, зная геометрические параметры образца, находят механическую деформацию вала, а значит и нагрузку на нем.

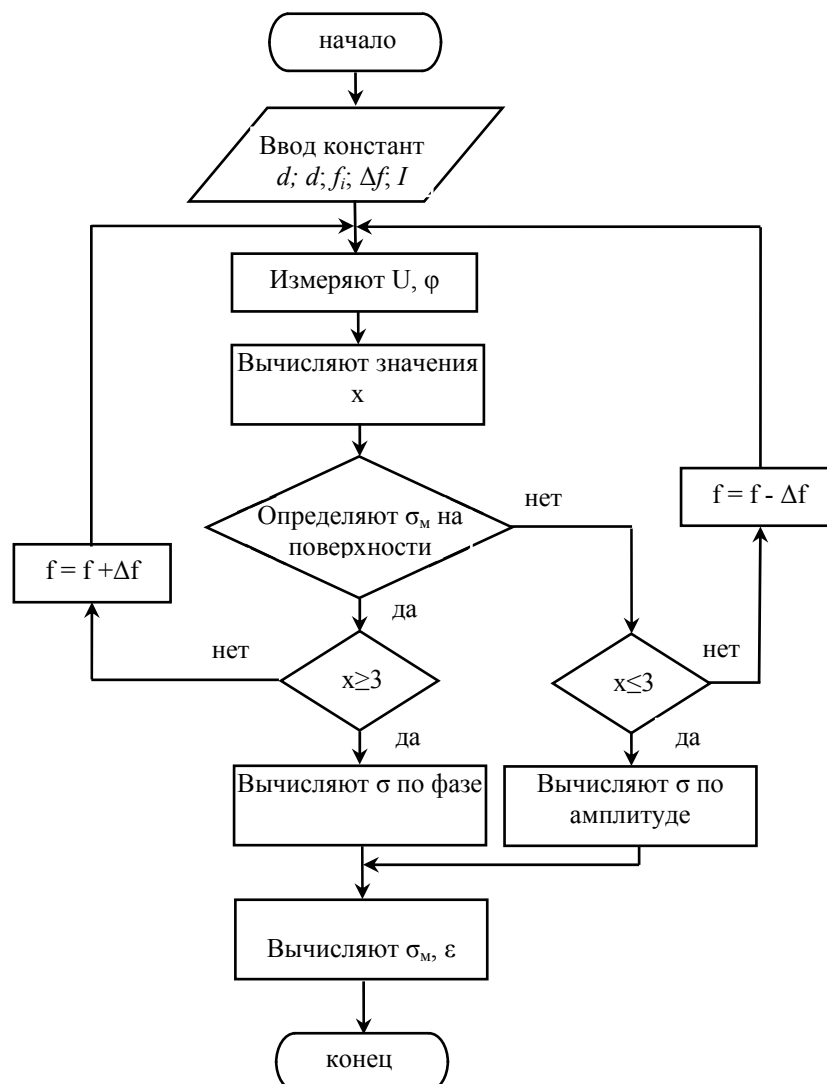


Рисунок 2 – Универсальный алгоритм функционирования устройства для определения деформации вала

Таким образом, при реализации вихретокового метода и устройства контроля механических напряжений на валу, изменяя частоту зондирующего поля, можно осуществить рациональные по погрешности и чувствительности режимы работы устройства, при бесконтактном контроле механических напряжений, возникающих как в поверхностных слоях цилиндрического образца, так и усредненных по сечению вала. Данные устройства можно использовать как в динамическом, так и в статическом режиме работы механических систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. Под общ. ред. В.В. Клюева. Т.2: В 2 кн. –М.: Машиностроение, 2003. -688 с.
2. Б.М. Горкунов, С.Г. Львов. Вихретоковый двухпараметровый контроль немагнитных цилиндрических изделий. Вестник национального технического университета «ХПИ». –Харьков: НТУ «ХПИ». -2004. –Вып. 7. С. 35-41.
3. Б.М. Горкунов, С.Г. Львов, В.Г. Хоменко. Анализ погрешностей вихретокового преобразователя при двухпараметровом контроле немагнитных изделий. Вестник национального технического университета «ХПИ». –Харьков: НТУ «ХПИ». -2004. –Вып. 21. С. 26-32.
4. Двайт Г.Б. Таблицы интегралов и другие математические формулы. –М.: Наука, 1978. -228 с.
5. Захаров И.П., Кукуш В.Д. Теория неопределенностей в измерениях. Уч. пособие. Харьков. -2002. -256 с.