

Ильина А. Д.

Студент

Научный руководитель Легаев В. П.

Д.т.н., профессор

Владимирский государственный университет

**РЕЗИСТИВНЫЙ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫЙ МЕТОД ДЛЯ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ДЕТАЛЯХ
ПОСЛЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

Аннотация: В данной статье приведен анализ резистивного электроконтактного метода неразрушающего контроля остаточных напряжений. Остаточные напряжения в поверхностных слоях относятся к числу факторов, существенно влияющих на множество характеристик, определяющих качество готовых изделий. В процессе эксплуатации стальные конструкции подвергаются силовым, механическим, физическим и химическим воздействиям, результатом которых являются физический износ, деформации и снижение несущей способности. Для разработки мероприятий по восстановлению эксплуатационных качеств конструкций необходимо проведение обследования с целью определения их технического состояния.

Ключевые слова: характеристики, метод, напряжение, воздействие, измерение, скин-эффект.

Ilina A. D.

Student

Vladimir State University

*Scientific adviser Legaev V.P.
Doctor of Technical Sciences, professor
Vladimir State University*

RESISTIVE ELECTRIC CONTACT METHOD FOR DETERMINING RESIDUAL STRESSES IN PARTS AFTER MECHANICAL TREATMENT

Abstract: This article provides an analysis of the resistive electrocontact method of non-destructive testing of residual stresses. Residual stresses in surface layers are among the factors that significantly affect many characteristics that determine the quality of finished products. During operation, steel structures are subjected to force, mechanical, physical and chemical influences, which result in physical wear, deformation and a decrease in bearing capacity. To develop measures to restore the performance of structures, it is necessary to conduct a survey to determine their technical condition.

Keywords: characteristics, method, voltage, impact, measurement, skin effect.

Одной из важных задач исследования поверхностных свойств металлов и сплавов является измерение распределения механических технологических напряжений σ по толщине h поверхностного слоя материала изделия. Наиболее распространённым методом изучения эпюр σ (h) является разрушающий метод на образцах, вырезаемых из исследуемого изделия, и по измеренной деформации образцов при удалении напряженных слоев судят о механических напряжениях в них.

Резистивный электроконтактный метод – это метод, основанный на измерении электрического сопротивления на участке поверхностного слоя

металла при подаче к нему переменного тока. Метод был разработан С.Ю.Ивановым, Д.В.Васильковым и В.Э.Хитриком для оценки остаточных механических напряжений, сохраняющихся в металлических изделиях после их изготовления [1].

Разработанный способ определения напряжений в изделиях из металлов и сплавов основан на использовании связи между электрическими и механическими свойствами проводников и явления скин-эффекта в них.

Существует взаимосвязь между удельной электрической проводимостью γ и механическими напряжениями, она определяется формулой (1):

$$\gamma = \frac{e^2 E n_0}{m k T V_T N_0 \pi} \cdot d, \quad (1)$$

где e - заряд электрона, Кл;

m - масса покоя электрона, кг;

n_0 – число электронов проводимости в единице объема;

E - напряженность поля, В/м;

k - постоянная Больцмана, Дж/К;

T - абсолютная температура, К;

V_T - скорость теплового движения электронов, м/с;

N_0 - число атомов в единице объема;

d - период кристаллической решетки, м.

Известна связь удельной электрической проводимости γ с удельным электрическим сопротивлением $\rho = 1/\gamma$.

При отсутствии механических напряжений металл имеет номинальное значение периода решетки d_0 и соответствующее номинальное значение удельной электрической проводимости γ_0 . Под действием изменения механических напряжений $\Delta\sigma$ имеет место изменение периода решетки металла Δd . В зоне упругих деформаций это

изменение можно считать пропорциональным механическому напряжению и, в соответствии с (1), изменения электропроводности $\Delta\gamma$ также пропорциональны механическим напряжениям $\Delta\sigma$ по формуле (2):

$$\Delta\gamma = K_{\sigma} \cdot \Delta\sigma, \quad (2)$$

где K_{σ} - экспериментально определяемый коэффициент, характеризующий свойства материала.

Таким образом, измеряя электрические свойства проводящих материалов изделий, можно определять механические напряжения в них. При этом необходимо измерять электрические параметры и определять механические напряжения на различных глубинах в поверхностных слоях, т.е. определять эпюру распределения напряжений в материале изделия.

Для измерения распределения удельного сопротивления по глубине используется явление скин-эффекта, при котором токи высокой частоты сосредотачиваются у той поверхности проводника, которая является ближайшей к источникам поля, вызывающим появление токов. На основании решения системы уравнений Максвелла для проводящего полупространства глубина проникновения тока h в таком проводнике определяется выражением (3):

$$h = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \gamma}}, \quad (3)$$

где f – частота тока, Гц; μ – магнитная проницаемость материала, Гн/м; γ – удельная электропроводность материала, Ом⁻¹.

Величина плотности тока экспоненциально уменьшается с увеличением глубины, а h представляет значение глубины (3), на которой плотность тока падает в « e » раз по сравнению с исходным значением тока на поверхности. По определению h – глубина проникновения тока в проводник, т.е. толщина поверхностного слоя, в котором распространяется основная часть тока.

Использование явления скин-эффекта позволяет послойно исследовать поверхностный слой изделия путем подачи в него тока различной частоты и измерения сигнала-отклика, параметры которого связаны с изменением напряженного состояния материала изделия. Уменьшая, в соответствии с формулой (3), частоту посылаемого в изделие переменного тока, увеличивается глубина исследуемого слоя. Выбор рабочих частот обеспечивает требуемый диапазон глубин изделия [2].

Использованные источники:

1. Современные проблемы металлургии и материаловедения. [Электронный ресурс]: электрон. метод. указания к лаб. работам / Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); сост. Е.А.Носова. - Электрон. текстовые и граф. дан. (679 кбайт). - Самара, 2012

2. Васильков С.Д. Разработки и исследование метода неразрушающего контроля остаточных напряжений в металлах и сплавах и его метрологическое обеспечение. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук // Санкт-Петербург – 2010. 153 с