

Б.М. ГОРКУНОВ, канд. техн. наук, проф., НТУ "ХПИ", Харьков
І.В. ТЮПА, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПИ", Харьков
А.А. ТИЩЕНКО, аспірант, НТУ "ХПИ", Харьков

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКОПРОВОДЯЩИХ СЛОИСТЫХ СТРУКТУР ВИХРЕТОКОВЫМ МЕТОДОМ

Приведено результати дослідження матеріалів, що є набором трубок і стрижнів для імітації зразка із зміцненим шаром. Побудовано залежності вихідних сигналів вихреструмового перетворювача від сирого і зміцненого зразків.

Приведены результаты исследования материалов, представляющих собой набор трубок и стержней для имитации образца с упрочненным слоем. Построены зависимости выходных сигналов вихретокового преобразователя от сырого и упрочненного образцов.

Введение. В настоящее время особо актуальным является вопрос повышения прочностных характеристик различных деталей и узлов машиностроительного оборудования. Это связано с тем, что для современного машиностроения характерны сложные условия эксплуатации машин на фоне постоянно растущих требований к ресурсосбережению, работа с агрессивными средами и в областях высоких нагрузок и т.д. Поскольку надежность и долговечность машин и механизмов во многом зависят от качества поверхностных слоев деталей, то именно поверхностный слой металла оказывается наиболее нагруженным и подверженным износу. Поэтому для повышения надежности и долговечности машин и механизмов применяется ряд способов поверхностной обработки металлических изделий [1, 2], каждый из которых выбирается исходя из требуемых прочностных характеристик изделий и марки материала. В свою очередь возникает еще один вопрос – контроль глубины упрочненного слоя, который можно осуществить разрушающими [3] и неразрушающими методами контроля [4]. На сегодняшний день огромное развитие получило использование вихретокового метода для контроля данного параметра, т.к. выходные сигналы преобразователя корреляционно связаны с электромагнитными характеристиками изделия [5].

Цель работы – проведение экспериментальных исследований для

определения изменения выходного сигнала вихретокового преобразователя (ВТП) от сырого образца и от образца с имитацией упрочненного слоя, т.е. при моделировании упрочненного слоя объекта.

Описание эксперимента. Для определения выходного сигнала ВТП от упрочненного слоя было проведено ряд экспериментальных исследований на образцах, представляющих собой набор стержней и трубок из разных материалов (рис. 1), которые позволили смоделировать упрочненный образец, т.е. электромагнитные характеристики трубки значительно отличались от электромагнитных характеристик стержня.

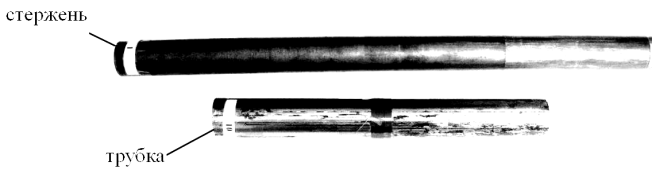


Рис. 1. Различные виды экспериментальных образцов.

На рис. 2 приведена электрическая принципиальная схема включения вихретокового преобразователя для случая реализации контроля глубины упрочненного слоя.

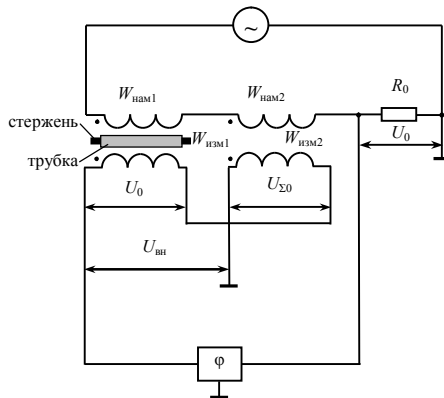


Рис. 2. Электрическая схема включения вихретокового преобразователя.

Конструктивно ВТП выполнен в виде двух идентичных трансформаторов проходного типа, первичные (намагничивающие) обмотки которых содержат равное количество витков $W_{\text{нам}1} = W_{\text{нам}2} = 80$ витков. Эти обмотки между собой включены последовательно согласно и подключены к генератору синусоидального тока с возможностью перестройки по частоте и току намагничивания. В первом трансформаторе (рис. 2) размещен исследуемый объект контроля ОК, представляющий собой цилиндрический стержень, находящийся внутри трубки. Вторичные обмотки трансформатора имеют так же равное количество витков $W_{\text{изм}1} = W_{\text{изм}2} = 40$ витков.

Эксперименты проводились при следующих условиях: намагничивающий ток $I = 150$ mA, рабочее напряжение $U = 450$ mV, образцовое сопротивление $R_0 = 3$ Ом. Обмотки преобразователей были выполнены из провода $d_{\text{пр}} = 0,12$ мм для измерительной и $d_{\text{пр}} = 0,23$ мм для намагничивающей обмоток.

На рис. 3 приведены зависимости $K = U_{\text{вн}}/U_{\Sigma 0}$ от частоты зондирующего поля (а) и $K^* = U_{\Sigma}^*/U_{\Sigma 0}$ от частоты зондирующего поля (б). На рис. 3 обозначены: 1 – графики зависимости для стержня; 2 – графики зависимости для стержня с трубкой, т.е. имитация образца с упрочненным слоем.

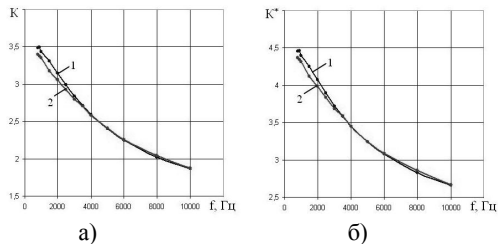


Рис. 3. Зависимости выходных сигналов ВТП от упрочненного слоя.

Результаты модельного эксперимента хорошо коррелируются с теоретическими расчетами, полученными в работе [6]. На графиках относительного выходного сигнала ВТП от упрочненного слоя и сырого металла видна граница перехода на частоте зондирующего электромагнитного поля, соответствующей глубине скин-эффекта. Поскольку с ростом частоты нижний слой не оказывает влияние на выходной сигнал, контроль границы упрочненного слоя можно осуществить в достаточно узком частотном диапазоне, выбор которого осуществляется в результате предварительных теоретических расчетов.

Вывод. Модельный эксперимент, проведенный в настоящей работе, показывает, что при сканировании по частоте электромагнитным полем объекта, который был подвержен упрочнению, существует возможность определения границы упрочненного слоя по выходному сигналу ВТП. Также следует отметить, что граница перехода выходного сигнала ВТП от сырого объекта и упрочненного слоя имеет определенную размытость, поэтому в случае реального объекта можно утверждать об определенном частотном диапазоне электромагнитного поля, в пределах которого существует граница перехода.

Список литературы: 1. Д.М. Гуреев. Лазерно-ультразвуковое упрочнение поверхности стали // Квантовая электроника. – 1998. – № 3. – С. 282-286. 2. Е.В. Долбилин, А.В. Кокорин. Новые методы химико-термической обработки в электрическом разряде // Технология машиностроения. – 2007. – № 6. – С. 40-45. 3. Федосов С.А., Пешек Л. Определение механических свойств материалов микроиндентированием: Современные зарубежные методики. – М.: Физический факультет МГУ, 2004. – 100 с. 4. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. Под общ. ред. В.В. Клюева. Т.2: В 2 кн.: Вихрековый контроль. Книга 2 / Ю.К. Федосенко, В.Г. Герасимов, А.Д. Покровский, Ю.Я. Останин. – М.: Машиностроение, 2003. – 688 с. 5. А.В. Макаров, Э.С. Горкунов, Л.Х. Коган, Ю.М. Колобылин, Л.Г. Кориунов, А.Л. Осинцева. Особенности электромагнитных методов контроля износостойкости среднеуглеродистой конструкционной стали, подвергнутой лазерной или объемной закалке и отпуску // Дефектоскопия. – 2006. – №7. – С. 28-39. 6. Б.М. Горкунов, А.А. Тищенко. Метод суперпозиции при определении глубины упрочненного слоя вихрековым методом // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Сер. "Електроенергетика і преобразовательна техніка". – Харків: НТУ "ХПИ". – 2011. – №19. – С. 94-97.

*Поступила в редколлегию 30.09.2011
Рецензент д.т.н., проф. Болюх В.Ф.*